



# جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الأولى من السنة العشرين

١٤٧

محاضرة عن

## الحرساة المسلحة في أعمال الدفاع

للدكتور مير صرغى

وكيل المكتب الفنى لكبارى السكة الحديد

أقيمت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٢١ ديسمبر سنة ١٩٢٩

حقوق الطبع محفوظة للجمعية

---

دار الطباعة المصرية

شارع رشدى باشا (الساحة سابقا)

ESEN-CPS-BK-0000000217-ESE

00426235



# جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الأولى من السنة العشرين

١٤٧

محاضرة عن

## الحرساة المسلحة في أعمال الدفاع

للمدكتور سيد مرنفى

وكيل المكتب الفنى لسكبارى السكة الحديد

أقيمت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٢١ ديسمبر سنة ١٩٣٩

حقوق الطبع محفوظة للجمعية

---

دار الطباعة المصرية

شارع رشدى باشا (الساحة سابقا)

الجمعية ليست مسؤولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء  
تفشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل  
للجمعية يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسوم اللازمة بالخبير  
الاسود ( شينى ) ويرسل برسمها .

# الحرسانة المسلحة في اعمال الدفاع

## ١ - حساب الاسقف الواقية

نتناول محاضرتنا اليوم بالبحث موضوعا ربما استدعى البعض أو الكثير منا للعمل فيه . وهذا ما حدا بنا إلى الاسراع في عمل هذه المحاضرة لستاح لنا الفرصة لمناقشته نظرياً وعملياً على ضوء ما عمل من أبحاث وما أجرى من تجارب وما اكتسب من خبرة في الحروب الماضية والحروب الحالية يحدث من القنبلة التي تسقطها الطائرة أو يقذفها المدفع عند اصطدامها بالهدف قوتان أساسيتان : — الأولى قوة التصادم والثانية قوة الانفجار .

### ١ - قوة التصادم

بمجرد ملامسة القنبلة للبنى تعمل هذه في المبدأ كجسم صلب عادى عند ما يصطدم بالبناء وينفذ فيه الى عمق معين .

و ( شكل ١ ) يبين هذا الحادث فترى قنبلة نفذت في طبقة من الحرسانة ولندرس الآن ما يتم حدوثه . فقدمة القنبلة تضغط على الحرسانة بقوة مقدارها  $\frac{1}{2}$  على السنتيمتر المربع عمودية على سطح القنبلة . وهذه القوة بتحليلها الى القوتين  $\frac{1}{2}$  هـ في الاتجاهين الرأسى والافقى نرى أن القوة الرأسية  $\frac{1}{2}$  تضغط على الحرسانة فتفككها وتعمل القوة الافقية هـ كعامل تخريب تدفع جزئيات الحرسانة المفككة على بعضها في جميع الاتجاهات فتجعلها تتطاير كما هو مبين ( بشكل ٢ )

وبازالة هشيم الخرسانة وتنظيف الموضع إلى الطبقة الخرسانية السليمة  
تحصل على ما يسمى بمخروط التصادم للقبلة .

ومقاومة الخرسانة للضغط الرأسى س تزداد بازدياد عمق نفاذ القبلة  
وتختلف اختلافاً أساسياً عن مقاومة الخرسانة للكسر التى تحصل عليها  
باختبار مكعب الخرسانة فى آلة الاختيار فى هذه العملية ليس هناك ما يمنع  
المكعب من التمدد الجانبي عمودياً على اتجاه الضغط فيلاحظ دائماً انبعاج  
الأسطح الجانبية عند زيادة الضغط ويتلو ذلك انهيار المكعب نفسه نتيجة  
لتقوس جوانبه ( شكل ٣ )

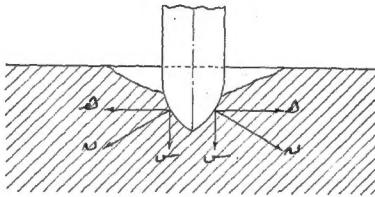
فمقاومة المكعب ترتفع كثيراً إذا عمل على مكافحة انبعاج جوانبه تحت  
الضغط وقد توصل كل من باخ وساندر الى هذه النتيجة بتسليح المكعب  
طولياً وعرضياً ( شكل ٤ )

أما كندسير فقد زود قطعة الاختبار بتسليح حلزوني ( شكل ٥ ) .  
وقد توصلوا بذلك إلى رفع مقاومة المكعب إلى ثلاثة الأضعاف

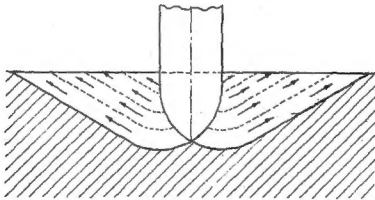
والواقع أنه تتكون تحت سن القبلة فى خرسانة السقف اسطوانة  
يعمل ما حولها من جسم السقف على مقاومة انبعاجها الجانبي وتزداد هذه  
المقاومة كلما زاد العمق لحد معين وهذا ما يمكن به تفسير زيادة مقاومة  
الخرسانة كلما زاد عمق نفاذ القبلة ( شكل ٦ )

وفى الجدول رقم ١ نتائج التجارب التى عملت لتجديد عمق مخروط  
التصادم لخرسانة تحوى ٤٠٠ كيلو جراماً من الأسمنت فى المتر المكعب  
لقنابل من وزن ٥٠ إلى ١٠٠٠ كج تسقط من ارتفاع ٥٠٠٠ متراً

## التصادم



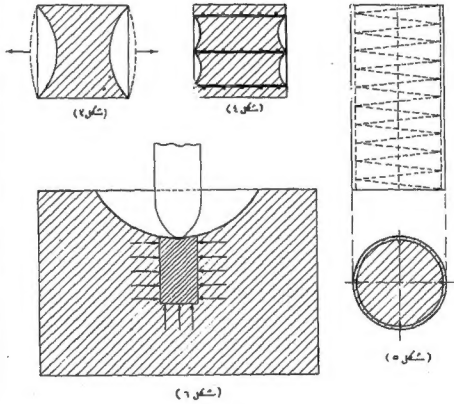
(شكل ١)



(شكل ٢)



## مقاومة الخرسانة للضغط





## جدول رقم ١

وزن القنبلة ك بالكيلو جرام	وزن شحنة المفرق ش بالكيلوجرام	عمق مخروط التصادم ٥ بالمتر	عمق مخروط الانفجار ١٥ بالمتر	عمق مخروط التصادم والانفجار ٣٥ بالمتر
٥٠	٢٣	٠.٣٥	٠.٤٧	٠.٨٠
١٠٠	٥٠	٠.٥٠	٠.٥٩	١.٠٠
٣٠٠	١٧	٠.٧٥	٠.٨٦	١.٥٠
٥٠٠	٣٠٠	٠.٩٠	١.٠٢	١.٨٠
١٠٠٠	٦٨٠	١.١٠	١.٣٩	٢.٢٥

ويتضح من الخانة الثالثة من الجدول أن عمق مخروط التصادم يتراوح بين ٠.٣٥ و ١.١٠ متر

وبتسليح الخرسانة ينقص عمق المخروط من ٢٥ إلى ٣٠ ٪. ويستغرق نفاذ القنبلة في الخرسانة بعض الوقت ويمكن حسابه تقريبا بالطريقة الآتية :

السرعة النهائية لقنبلة وزنها ١٠٠٠ كيلو جرام تلقىها طائرة من ارتفاع ٥٠٠٠ متر تبلغ ٢٥٠ متراً في الثانية فإذا كان عمق مخروط التصادم ١.١٠ متراً فإن القنبلة تفقد سرعتها وتصل إلى حالة السكون في نهاية هذه المسافة فالسرعة المتوسطة للنفاذ هي  $\frac{٢٥٠ + ٠}{٢} = ١٢٥$  متراً في الثانية ومنه تكون المدة التي استغرقها القنبلة هي  $\frac{١.١٠}{١٢٥} = ٠.٠٠٨$  من الثانية .

وفي أثناء هذا الزمن تحدث القنبلة ضغطاً متواصلاً على الخرسانة وعليه

فان السقف يتعرض لضغط استاتيكي يستمر عليه مدة كافية لتشعبه وإحداث  
الاجهادات في مادة البناء .

## ٢ - الانفجار

الانفجار الناتج عن المفرق السريع هو التحول الفجائي للشحنة من  
حالة الصلابة إلى حالة الغازية مصحوبا بتوليد كميات كبيرة من الحرارة .

والفرق بين المفرق السريع والبارود الاسود هو أن هذا الأخير  
يستغرق لاتمام عملية الاحتراق زمناً أطول نسبياً لدرجة تجعل في حين  
الامكان قياس هذا الزمن . لذلك كانت طاقة التخريب في البارود أقل  
وتأثيره أضعف .

والطاقة الحرارية الناتجة عن الانفجار تتحول إلى طاقة ميكانيكية حسب  
العلاقة المعروفة وهي أن كل كيلو جرام متر يستنفذ ٤٣٧ وحدة حرارية .

وتبلغ كمية طاقة التخريب هذه الناتجة عن انفجار كيلو جرام من  
المفرقات ٦٣٢ ألف كيلو جرام متر للبترنيت و ٢٩٠ ألف كيلو جرام  
متر للبارود .

والجدول رقم ٢ يبين الخواص الهامة للمفرقات التي يغلب استعمالها.

## جدول رقم ٢

المادة المفرقة	الوزن النوعي	درجة حرارة الانفجار مستجرا	سرعة الانتشار للغاز بالمتر في الثانية	طاقة التخریب للكيلو جرام بالكيلو جرام متر
بنترنيت	١٧٠	٤٢٤٨	٨٤٠٠	٦٣٢٠٠٠
ملانيت	١٦٩	٣٣٣٠	٧٢٥٠	٤٣٧٠٠٠
بيروكسيلين	١٣٠	٣١٥٠	٦٨٠٠	٤٥٠٠٠٠
تروتيل	١٦٠	٢٨٠٠	٦٨٠٠	٤٢٧٠٠٠
ديناميت	١٦٠	٣٧٠٠	٦٧٠٠	٥٥٣٠٠٠
بارود عديم الدخان	من ١٢٠ إلى ١٣٠	٣١٥٠	١٨٠٠ إلى ١٠٠٠	٣٨٠٠٠٠
بارود اسود	١٢٠	٢٣٨٠	٤٠٠	٢٩٠٠٠٠

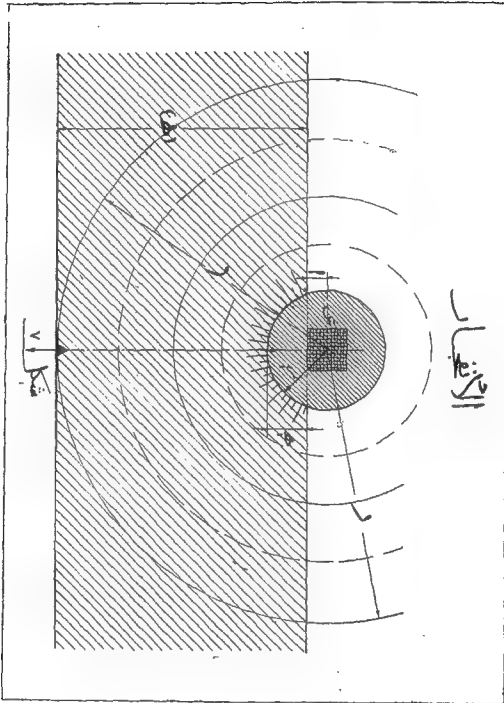
وتتراوح درجة حرارة غاز الانفجار بين ٢٣٨٠ للبارود الاسود و ٤٢٤٨ للبنتريت .

فانفجار قبلة طائرة وزنها ١٠٠ كيلو جرام وشحنتها ٥٠ كيلو جرام من التروتيل ينشأ عنه كرة من الغاز الساخن قطرها ١٣ متراً أي أن حجمها ١١٤٢ متراً مكعباً ودرجة حرارتها ٢٨٠٠ وتبلغ سرعة انتشار الغاز فيها ٦٨٠٠ متراً في الثانية

ويصل ضغط الغاز الى درجة من القوة تتحطم أمامها الاجسام الصلبة التي تصادفها في حين معين فالجزء الخرساني الذي يقع في هذا الحيز لا يلبث أن يتشم كلية ( شكل ٧ )

وبازالة الحشم وتنظيف الموقع الى الخرسانة السليمة نحصل على مخروط التخریب الناتج عن التصادم والانفجار معاً ويتراوح عمقه في الخرسانة التي تحوى ٤٠٠ كيلو جراماً من الاسمنت في المتر المكعب بين ٠.٨ و ٢.٢٥







٢ - طبعة دقيقة من ورقة النبات بجميع تفاصيل جزئياتها من عروق وجذوع وخلافه

ومثل هذه الطبعة من ورقة لينة على لوحة من الصلب لا يمكن الحصول عليها اطلاقا بطريقة عادية . فلا ينفع لذلك الضغط الاستاتيكي القوى ولا حتى ضربات المطرقة البخارية لأنه من المستحيل طبعا أن تنطبع هذه الورقة الضعيفة في الصلب .

وهذا المظهر غير العادى يمكن الرجوع بأسبابه إلى الحركة العالية لجزئيات الغاز الساخن ومتابعة جزئيات الورقة لها لالتصاقها بها عند حدوث الانفجار كما يتضح ذلك من التجربة الآتية :

إذا دار قرص من الكرتون العادى بسرعة قوامها بضعة آلاف من اللفات في الدقيقة فإن الأجزاء الضعيفة التى تقع عند حافة القرص عندما تصل سرعتها إلى درجة كبيرة تكتسب طاقة حركة تتناسب مع مربع هذه السرعة وينتج عن هذه الطاقة ظاهرة ربما صعب تصديقها لأول وهلة وهى أن هذا الكرتون الضعيف يمكنه فى حالته هذه أن ينفذ فى الصلب وأن يقطع قضيبا من الحديد .

معنى ذلك أنه عند سرعة معينة تكتسب المادة قوة ميكانيكية نتيجة للحركة تعمل على رفع خواصها الأساسية وهى صلابتها وقوتها .

ومن ناحية أخرى فإن السرعة دالة للزمن . فتغير خواص المادة على النمط سالف الذكر إنما يتوقف لدرجة كبيرة على طول الفترة التى تعمل فيها القوة . وظاهر أنه لا يمكن مطلقا بأى طريقة بطيئة سواء بالضغط الاستاتيكي أو بالطرق أن نقطع الحديد بقطعة من الكرتون مثلا . فالمادة عندما تتحرك بسرعات عالية تختلف فيها خواصها عنها فى الأحوال العادية .

وهذه الظاهرة هى التى مكنت ورقة النبات الضعيفة من أن تطبع بكامل هيئتها على اللوحة الصلب نتيجة الانفجار . فإن السرعة الهائلة لجزئيات

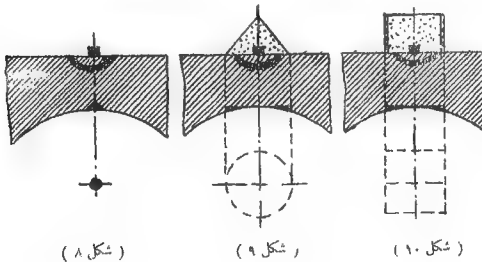
الغاز الناتجة عن انفجار البروكسلين أحدثت اهتزازات معينة في ورقة النبات بالسرعة الكافية التي اكتسبت بها طاقة ميكانيكية تمكنها من النفاذ في الصلب وهذا ما لا يمكن الحصول عليه إطلاقاً بأى طريقة استاتيكية أو ديناميكية عادية .

( ٢ ) أظهرت التجارب التي عملت على أقبية من الخرسانة بسمك ١٨٠ متر الآتى

١ - عند انفجار ١٨ كيلو جراماً من البروكسلين وضعت على قمة العقد ( شكل ٨ ) ظهر على سطح العقد الداخلى آثار سقوط وتطاير لبعض جزئيات الزايط تحت قاع مخروط الانفجار تماماً .

ب - بوضع نفس الكمية من البروكسلين وتغطيتها بمخروط من الرمل ارتفاعه ١٣٠ متراً وقطر قاعدته مترين ( شكل ٩ ) فإنه حدث بعد الانفجار أن تطايرت طبقة رقيقة من المونة والخرسانة من السطح الداخلى للعقد على شكل قرص قطره مساو لقطر قاعدة المخروط .

ج - بوضع نفس الكمية من البروكسلين وتغطيتها برمل أحيط بصندوق ارتفاعه ١٣٠ وقاعدته ٢٠٠ × ٢٠٠ متر ( شكل ١٠ ) فإنه حدث بعد الانفجار أن تطايرت طبقة من المونة والخرسانة من السطح الداخلى للعقد على شكل مربع قاعدة الصندوق .



ويمكن تفسير هذه انظاهرة بأن قوة الانفجار تصل إلى أقصاها بغتة فيحدث عنها اهتزاز في الكتلة الخرسانية ويهتز معها الرمل الذى رص فوق المفرقع فيكسب الكتلة التى تحته قصورا ذاتيا أكبر من السكتل التى حولها وينتج عن ذلك اختلاف فى سير اهتزاز السكتل الخرسانية المتجاورة فى السطح الأسفل للعقد فتهتز الأجزاء التى تحت الرمل بدرجة تختلف عن بقية الأجزاء المرتبطة بها فتتفصل عنها على طول حدودها . ويظهر ذلك واضحا فى انفصال مونة السطح الأسفل على شكل الدائرة أو المربع تابعا لذلك شكل قاعدة الرمل .

وباعادة التجربة على نفس النمط باستعمال البارود الأسود لم يظهر على السطح الداخلى أى أثر ويرجع ذلك إلى احتياج البارود إلى مدة من الزمن لاشتعاله لدرجة تتيح للغازات الانتشار فيتوزع بذلك ضغطها فى جميع الاتجاهات . ومما يدل على ذلك تطاير الرمل الذى تقذف به فى الهواء أول موجة للضغط وتكون النتيجة تلاشى جزء كبير من طاقة التخریب للمفرقع ولا يعمل على العقد منها إلا جزء صغير فقط .

تثبت هذه التجارب أنه باستعمال المفرقعات السريعة فإن تحول هذه المفرقعات إلى حالة الغازية يجرى فى برهة قصيرة جداً لدرجة أن ما يعلوها من الرمل وما تحتها من الخرسانة يتضافران معا على مقاومة ضغط الغاز المفاجئ بالرغم من التباين الكبير بين الخواص الطبيعية لكل من الماديين .

(٣) أن السرعة الكبيرة للحركة أو الاهتزاز تكسب الجسم طاقة حركة ذات صفة خاصة . ومن أمثلة ذلك ما يمكن عمله بلوح من الزجاج العادى . فاذا ركز هذا على أطرافه وأجرى عليه تحميلا استاتيكيّا أو عوَجَل بضربة عادية أو صربت عليه فذيفة نارية فانه فى حالة التحميل الاستاتيكي يحمل منتظما ينكسر اللوح نتيجة الانثناء بحدوث شقوق فى اتجاه الأقطار متفقا فى ذلك مع ما يعطيه الحساب العادى حسب نظريات المرونة ، أما الضربة العادية فيحدث عنها

انكسار اللوح مع حدوث كسور متشعبة . ولكنه في حالة القذيفة النارية التي تصيبه بسرعة تصل الى ٣٠٠ مترا في الثانية فان القذيفة تنفذ فيه وتحدث فيه ثقبا مساويا لقطرها بدون أن يصحب ذلك حدوث أى ظواهر تهشيم أخرى . ففي هذه الحالة لا يحدث في اللوح أى ترخيم . فان ضربة المقذوف تحدث بسرعة فائقة فلا تتمكن من عمل غير إقامة ضغط شديد موضعى مماثل لعمل آلة الخزم بجزء اللوح الزجاجى الذى يقابله المقذوف فى طريقه يكتسب سرعة اهتزاز مساوية لسرعة سير المقذوف بينما تبقى الأجزاء المحيطة به من اللوح فى حالة السكون كما هى . وبذلك ينحصر فعل قوة نفاذ المقذوف فى اتجاه تخانة اللوح ويحدث فيه الثقب السابق الذكر

تحدث نفس الظاهرة عندما تصطدم قنبلة الطائرة أو قذيفة المدفع ببلاطة أو قبو قليل السمك فان القذيفة تنفذ فيه وتثقبه موضعياً فقط دون أن تتأثر بقية أجزائه .

(٤) لدراسة ما يحدثه التصادم والانفجار من اهتزازات فى الأجزاء المختلفة عملت مبان خرسانية للتجربة أطلقت عليها المدافع والقنابل بالصور الآتية :

١ - قذائف مدافع محشوة بالرمل وذلك لتحديد فعل قوة التصادم على انفراد .

ب - قذائف مشحونة بالمفرقع لتحديد فعل قوى التصادم والانفجار معاً

ج - قنابل مشحونة بالمفرقع وضعت فوق المبنى ثم فجرت وذلك لتحديد فعل الانفجار على انفراد .

وقد أدت هذه التجارب إلى النتائج الآتية :

(١) أن منحنيات الاهتزاز كانت متباينة جداً فى حالة التصادم عنها

فى حالة الانفجار .

(٢) أن الاهتزاز الناشئ عن التصادم انبث الى مدى أوسع .  
(٣) ان أكبر شروخ في المبنى وقعت في اللحظة التي حدث فيها تغيير في سرعة الاهتزاز . أى عند انتقال المبنى من حالة الاهتزاز نتيجة التصادم إلى حالة الاهتزاز نتيجة الانفجار .

(٥) أظهرت التجارب والخبرة انه بانفجار قنبلة كبيرة عند اصابتها للهدف فان ٢٠ ٪ فقط من شحنة المفرقع تعمل على السطح الذي تصيبه بينما تعمل ال ٨٠ ٪ الباقية على الهواء المحيط بموقع الاصابة ويرجع ذلك إلى المغالاة في تطويل جسم القنبلة مما يجعل مركز ثقل الشحنة المفرقة بعيداً عن سطح التصادم وشكل (١١) يبين قنبلة طائرة أمريكية وزنها ٩٠٠ كيلو جراما يبلغ طول جسمها بدون الذيل ٢٤٨ متراً وفيها يبعد مركز ثقل الشحنة عن السن بمقدار ١٢٤ متراً . ونتيجة ذلك أن ما يعمل على المبنى من الشحنة إنما ينحصر في جزئها الأسفل أى ما مقداره حوالى ٢٠ ٪ من الوزن الكلى للمفرقع . ويرى في نفس الشكل مجموعة من قنابل الطائرات المستعملة .

والجدول ١٢ يعطى :

١ — طاقة الحركة عند لحظة التصادم بقنابل الطائرات من وزن ٥٠ إلى ٢٠٠٠ كينو جرام عندما تسقط من ارتفاع ٥٠٠٠ متر حيث تصل سرعتها النهائية إلى ٢٥٠ متراً في الثانية .

٢ — طاقة التخريب لمفرقع النسف ومقداره ٢٠ ٪ من الوزن الكلى والمادة المستعملة هي الترويتل .

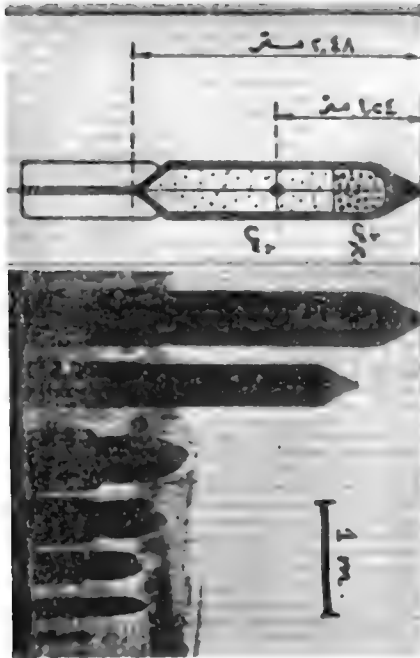
والحانة السادسة من الجدول تعطى النسبة بين طاقتي التخريب والحركة عند لحظة الاصطدام وهى قيمة ثابتة مقدارها ١٣٤

## جدول رقم ٢ (١)

٦	٥	٤	٣	٢	١
النسبة ط ٢ ط ١ = ن	طاقة التخریب ط ٢ بالطن متر	شحنة المفرق التاسف ش ٢٠٠ = ش بالكيلو جرام	شحنة المفرق ش بالكيلو جرام	طاقة الحركة ط عند التصادم = ١ بالطن متر	وزن القنبلة ك بالكيلو جرام
١٣ر٤	٢١٣٥	٥	٢٥	١٥٩	٥٠
١٣ر٤	٤٢٧٠	١٠	٥٠	٣١٩	١٠٠
١٣ر٤	١٣٨١٠	٣٠	١٥٠	٩٥٤	٣٠٠
١٣ر٤	٢١٣٥٠	٥٠	٢٥٠	١٥٩٠	٥٠٠
١٣ر٤	٤٢٧٠٠	١٠٠	٥٠٠	٣١٨٠	١٠٠٠
١٣ر٤	٨٥٤٠٠	٢٠٠	١٠٠٠	٦٣٦٠	٢٠٠٠

(٦) أظهرت التجارب والخبرة أن ما تحدته المفرقات من التخریب في الآقية والبلاطات يختلف في مظهره عما تحدته قوة الطرق العادية التي تستغرق من الوقت ما يتيح للمبنى أن يترخم ويتقوض تحت فعلها فليس هناك مجال إذا لتطبيق النظريات الاستاتيكية العادية في أحوال فعل الانفجار .

ومن الوجهة النظرية البحتة فان تطبيق نظريات المرونة في المباني التي خصصت لمقاومة ضرب القنابل بعيد عن الصحة فان مجال نظريات الاختناء إنما يبتدىء عندما تصل فتحة البلاطة إلى ما لا يقل عن أربعة أمثال سمكها بينما دللتا الخبرة أن أقل سمك للبلاطة من الخرسانة المسلحة التي تصمد لقنبلة الطائرة من وزن ٥٠ كيلو جراما هو مترا على الأقل ولقنبلة الطائرة من وزن ٣٠٠ كيلو جراما هو مترين على الأقل وقلبا زادت فتحة السقف في هذه الأحوال عن أربعة أمتار . لذلك كانت القاعدة في عمل الاسقف



( ١١٨٠ )



الواقية هي ألا تزيد فتحها عن أربعة أمثال تخاتها وهي نسبة لا ينشأ عنها أى تقويض أو ترخيم مرن تحت فعل قوة الانفجار يحدث عنه اجهادات انثناء في البلاطة .

(٧) يدل كل ما سبق شرحه على أن تحديد نوع الاجهادات التى تحدث فى الأسقف الواقية ومقدارها إنما يتأتى بمعرفة التقويض الحقيقى الذى ينشأ عن قوى التصادم والانفجار الناشئة عن القنبلة أو القذيفة .

وفى هذا المقام يمكننا أن ندلى بالبيانات الآتية :

— إن أول مرة ضرب فيها قبو من الخرسانة المسلحة كان بسمك ١.٥ متر فى أحد أقبية حصن بورت آرثر فى سنة ١٩٠٤ وقد أظهرت إصابته بالقذائف من عيار ٢٨ سم ما يأتى : —

(١) من سطح الأرض الخارجى إلى سطح القبو نفسه حفرت القنبلة مخروط من الأرض قطر قاعدته ١.٨٠ متر وابتدأ انفجارها عندما اصطدمت بجسم القبو الخرسانى (شكل ١٢)

(ب) فى السطح الداخلى للقبو سقطت بعض أجزاء الخرسانة بسمك ٣٠ سم وبمتابعة عمل التجارب على نمط هذا الحدث على أقبية تتراوح أسماكها من ١.٥٠٠ متراً إلى ٢.٧٥ متراً لايجاد علاقة بين فعل مفرق البروكسلين وانفجار القنابل التى توضع فوق العقد وبين سمك العقد نفسه ظهر أنه من الممكن حساب مقدار المفرق الذى يصمد له قبو ذو سمك معين دون أن يتطاير من سطحه الداخلى سوى جزئيات صغيرة من الخرسانة وبذلك تعد مناعته كافية ..

فبانفجار المفرق ينشأ عن ضغط الغاز الساخن ما يأتى (شكل ٧)  
١ — تهشيم الخرسانة على شكل مخروط ارتفاعه ٥

٢- اهتزاز شديد في الأجزاء السليمة تحت قاع المخروط: ومن الواضح أن ضغط غاز الانفجار يتساوى مع مقاومة الخرسانة للكسر عند قاع مخروط التهشيم وهو ابتداء المنطقة التي ظلت سليمة. وهذا الضغط يتشعب في جسم الخرسانة على شكل موجات كروية متحدة المركز ومركزها هو مركز نقل الشحنة ويتناسب ما يحدثه من اجهاد عكسيا مع مساحات هذه هذه الكرات أى عكسيا مع مربعات أنصاف الأقطار. وحالما يتعدى الاجهاد الداخلى في الخرسانة مقاومة الشد لها ينفصل الجزء المعرض لمثل هذا الاجهاد ويسقط.

ففي شكل (١٣)

= المسافة بين مركز نقل شحنة مفرقع رتبت على شكل مكعب. وبين سطح القبو الخارجى

ه<sub>١</sub> = عمق مخروط التهشيم بعد الانفجار

ر<sub>١</sub> = نصف قطر تجويف التهشيم على فرض أن مركزه هو مركز ثقل المفرقع

(ه) = سمك القبو

ر = نصف قطر السطح الكروى الذى يمس السطح الداخلى للقبو

م = مقاومة الخرسانة للضغط عند قاع المخروط

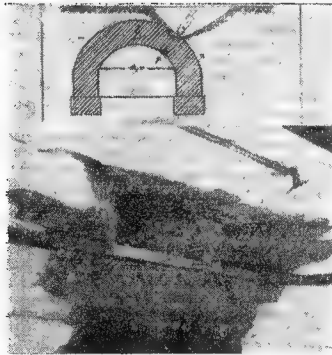
م<sub>١</sub> = مقاومة الخرسانة للشد عند السطح الداخلى للقبو ومنه

$$ر_١ = ه_١ + ا$$

$$ر = (ه) + ا$$

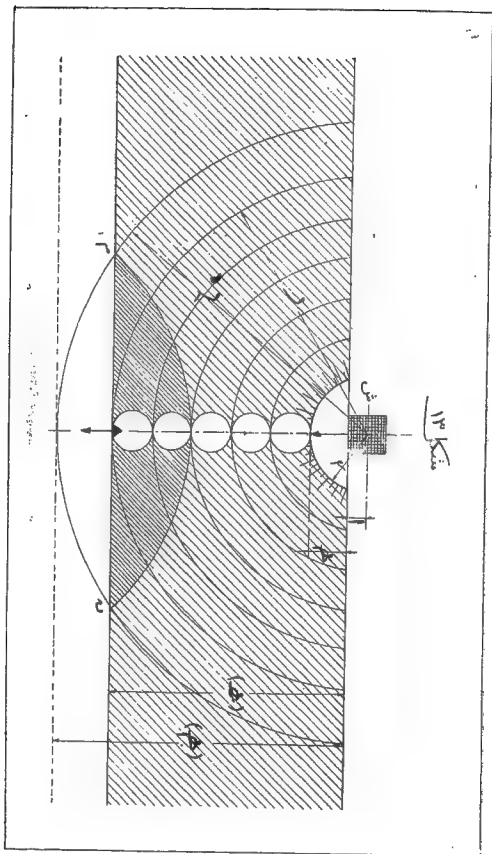
وتعطى تجارب معامل اختبار المواد النسبة بين مقاومتي الضغط والشد

للخرسانة مختلفة الأنواع بحوالى من ٨ إلى ١٢ أى بمتوسط ١٠ تقريبا



(شکل ۱۲)







$$\text{أى أن } \frac{\text{أ}}{\text{ش}} = \text{ف} = ١٠$$

ومن جهة أخرى فان مقدار الاجهاد فى الخرسانة على الأبعاد المختلفة من قاعدة المخروط يتناسب عكسيا مع مربع نصف القطر . وعليه فان

$$\frac{\text{أ}}{\text{ش}} = \frac{٢(١+٥)}{٢(١+١٥)} = \frac{٢}{١٢} = \frac{\text{أ}}{\text{ش}}$$

$$\therefore (هـ) = (١ + \sqrt{١ - \text{ف}})$$

وبوضع ف = ١٠ نحصل على

$$(هـ) = ١٢٣١٦ + ١٢١٦ \quad (٣)$$

ومن المعادلة الأولى فان عمق مخروط التخریب هـ = ٣٠٢٢  $\sqrt{\text{ش}}$

والمسافة بين مركز ثقل الشحنة للفرق وسطح القبو مقدارها نصف ارتفاع المكعب

$$\text{أو } ١ = \frac{\text{ع}}{٣} \sqrt[٣]{\text{ش}} \text{ وح هنا هى حجم المكعب}$$

$$\text{أو } ١ = \frac{\text{ع}}{٣} \sqrt[٣]{\text{ش}}$$

ش و يدلان على وزن الشحنة والوزن النوعى لمادتها

$$\therefore ١ = ٣٠٠٥٠ \sqrt[٣]{\frac{\text{ش}}{١٠٠٠}} \text{ متراً}$$

فللترويل مثلاً الذى وزنه النوعى ١٢٦ فان

$$١ = ٣٠٤٣ \sqrt[٣]{\text{ش}} \text{ متراً}$$

وبتعويض هذه القيمة فى المعادلة (٣) فان

$$ه = ٣١٦ \times ٧٣٠٠٢٢ \sqrt{\text{ش}} + ٢١٦ \times ٣٠٠٤٣ \sqrt{\text{ش}}$$

$$\text{أو ( ه )} = ٧٨٨ \sqrt{\text{ش}} \quad (٥)$$

( ه ) بالمتر<sup>٢</sup> ش بالكيلو جرام

من هذه المعادلة يمكن أن نحسب لكل شحنة من التروئيل سمك القبو الذى يبتدىء فيه ظهور آثار التخريب عند الانفجار أى الذى تتطاير من سطحه الداخلى بعض الجزيئات من الخرسانة .

والقنبلة التى تلقى من الطائرة ( شكل ١٤ ) تنفذ فى الخرسانة إلى عمق معين ه ثم تنفجر بعد ذلك . وبما سبق شرحه فان جزء الشحنة الذى يعمل على نصف السقف عند الانفجار مقداره ٢٠٪ فقط من مجموع الشحنة . وعليه فانه عند حساب سمك الخرسانة للقبو من المعادلة رقم ( ٥ ) توضع

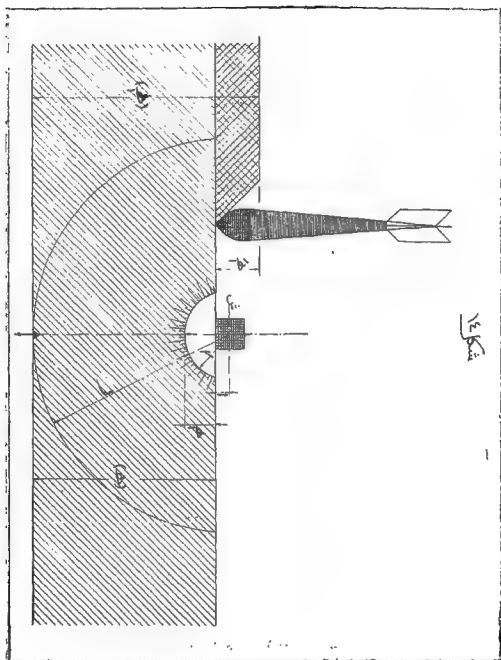
$$(١) \text{ ش مساوية } ٢٠\% \text{ من وزن المفرق}$$

(٢) مقدار الشحنة للمفرق باعتبار أنها على شكل مكعب موضوع على عمق من السطح مقداره ه , وهو مقدار العمق الذى حفرته القنبلة قبل انفجارها .

فالقنبلة وزنها ٣٠٠ كيلو جراما ووزن شحنتها ١٧٠ كيلو جراما من التروئيل فان

$$\text{ش} = ٠.٢٠ \times ١٧٠ = ٣٤ \text{ كيلو جراما}$$

$$ح = \frac{٣٤٠٠٠}{١.٦} = ٢١٢٥٠ \text{ سم}^٣$$





وبعد مركز الثقل من قاعدة مخروط التخريب

$$\frac{\sqrt[3]{21250}}{2} = 14 \text{ سم}$$

فبالتعويض في المعادلة رقم (٢) نحصل على مقدار عمق المخروط هـ١  
الناتج عن انفجار ٣٤ كيلو جراما ترويتل بمقدار ٧١ ر. متراً وعمق مخروط  
التصادم لقنبلة من وزن ٣٠٠ كيلو جرام هـ١ = ٧٥ ر. متر

وعليه فان السمك المطلوب لقبو من الخرسانة لقنبلة وزنها ٣٠٠  
كيلو جراما ليقاوم فعل التصادم والانفجار معاً هو

$$(هـ) = ٣١٦ \text{ هـ} + ١٢١٦ \text{ هـ} + ١١ \text{ هـ}$$

$$= ٣٢٨ \text{ متراً}$$

وعلى العموم فان سمك الاقيية الخرسانية اللازمة لمقاومة قنابل الطائرات  
أيا كان نوعها هو

$$(هـ) = ٧٨٨ \text{ ر.} \sqrt[3]{\text{ش}} + ١١ \text{ هـ}$$

وفيه ش = ٢٠ ر. من وزن الشحنة للفرقع

هـ١ = عمق مخروط التخريب الناتج عن تصادم القنبلة

وقد عمل الجدول ٣ بناء على هذه المعادلة لقنابل الطائرات من وزن  
٥٠ الى ١٠٠٠ كيلو جراما لخرسانة الاسمنت التي تحوى ٤٠٠ كيلو جراما  
في المتر المكعب من الخرسانة .

### جدول رقم (٣)

$$(هـ) = ٠.٧٨٨ \sqrt{٣} ش + هـ$$

وزن القنبلة ك بالكيلو جرام	وزن القنبلة ش بالكيلو جرام	وزن المتروم المتألف == ش. بالكيلو جرام ٠.٣٠	عمق مخروط التجهيم نتيجة الصدام هـ ٢ بأتر	سمك الخرسانة لقائمة الانفجار ١ هـ بأتر	سمك الخرسانة لقائمة الاختبار والصدام (هـ) بأتر	سمك الخرسانة المسلحة == (هـ) ٠.٧٨ بأتر
٥٠	٢٣	٤٢٦	٠.٣٥	١٢١	١٢٦	١١٦
١٠٠	٥٠	١٠	٠.٥٠	١٢٩	٢١٩	١٥٣
٣٠٠	١٧٠	٢٤	٠.٧٥	٢٥٥	٣٣٠	٢٣١
٥٠٠	٣٠٠	٦٠	٠.٩٠	٣٠٨	٣٩٨	٢٧٨
١٠٠٠	٦٨٠	١٣٦	١.١٠	٤٠٥	٥١٥	٣٦٠

نرى من المعادلة (٣) أن سمك خرسانة السقف يتوقف لدرجة كبيرة على عمق مخروط التجهيم فان ازدياد هذا العمق ٣. من المتر يوجب زيادة سمك السقف  $٠.٣٠ \times ٣١٦ = ٩٥$  متراً

فلو وصل إلى تخانات أقل للسقف يجب في هذه الحالة عمل الطبقة العليا منه من مادة أكبر مقاومة للتفتت ويتأتى ذلك إما باستعمال أسمنت على المقاومة في هذه الطبقة أو بتزويدها بتسليح من الحديد يزيد في مقاومة الخرسانة لصدام القنابل وانفجارها. ففي حالة المواد التي يتساوى فيها مقاومتي الضغط والشد كما هو الحال في الصلب فان النسبة تؤول إلى الواحد الصحيح وعليه فان المعادلة :

$$(هـ) = (١ + هـ) \sqrt{١ - ١} \text{ تؤول إلى}$$

$$h = 1 - (1 + h) = (h)$$

أى ان سمك اللوح الصلب يساوى عمق مخروط التهشيم ومعنى هذا أنه لا يتطاير من اللوح شيء من جزئيات سطحه الأسفل ولكنه ينشعب

ويمكن تشبيهه الاجزاء السليمة التى تبقى تحت مخروط التهشيم بصف من الكرات المرنة المتلاصقة ( شكل ١٣ ) فإى طريقة على الكرة العليا تنتقل بواسطة الكرات المتتالية إلى أن تصل الى الكرة النهائية فى السطح الداخلى للقبو . فاذا فاق الاجهاد الناشئ عن الطريقة حدود مقاومة الخرسانة للشد انفصل هذا السطح عن بقية القبو .

وزيادة وزن الشحنة ش للفرق التى ينتج عنها حسب المعادلة رقم ٦ ابتداء تطاير جزئيات الخرسانة من السطح الأسفل للقبو تحت مخروط التهشيم نحصل على منطقة جديدة أكبر نطاقا للتفتت تتعين بنصف القطر  $r_1$  ( شكل ١٣ ) ونصف القطر الجديد هذا يقطع السطح الأسفل فى نقطتين م ، ن وعليه فان الخط الجديد لما كان يجب أن يصل اليه سمك القبو هو المئين بالخط المنقطع ، والذى يتوقع هو سقوط كل هذه المنطقة حيث أن إجهاد الشد فيها يتجاوز مقاومة الشد للخرسانة ويصبح أيضاً على السطح الأسفل للقبو مخروط عكسى يقع تحت المخروط الأعلى تماماً ( شكل ١٥ ) .

وقد دلت التجارب على انه بزيادة مقدار المفجر يزداد تبعاً لذلك حجم المخروط السفلى الذى يتساقط من قبو بسمك ٢١٠ مترأ إلى ثلاثة عشر أضعاف حجم المخروط العلوى .

فى الحالة المتقدمة المبينة بشكل ( ١٥ ) لم يبق من تحانة القبو التى بلغت ٢١٠ مترأ سوى ١٥٠ مترأ من الخرسانة بين المخروطين العلوى والسفلى .

يتضح مما تقدم ما يأتي :

( ١ ) تحدث قوة الانفجار منطقتين من التخریب فی القبو الخرساني . المنطقة العليا وتنشأ عن تطاير خرسانة السطح العلوی والمنطقة السفلی بحجم أكبر نتيجة لتشریح الخرسانة بفعل تجاوز الاجهادات لمقاومة الشد فیها وتقع تحت المنطقة العليا تماما .

( ٢ ) ان فعل هذين التهشمين هو موضعی ويعمل على ثقب القبو .

( ٣ ) ان الخطر الأكبر على العقد إنما يتأتى من التهشيم الذى يحدث فی السطح الداخلى الذى ينشأ عن ضعف مقاومة الخرسانة للشد ولندرس الآن الطرق العملية لمعالجة نقطة الضعف هذه لصيانة القبو من خطرها

وهناك أربعة حلول ممكنة ( شكل ١٦ )

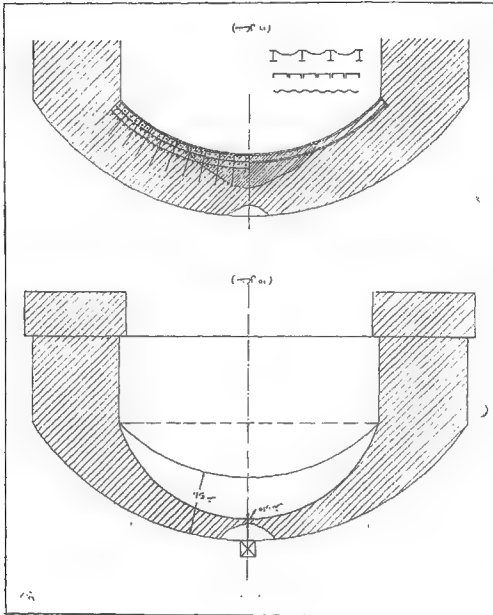
( ١ ) تدعيم السطح الأسفل للقبو بتسليح من الشبك المعدنى یربط فی جسم العقد بكانات من الحديد .

( ٢ ) عمل الجزء الأسفل من العقد من الخرسانة المسلحة بسمك معين ( ١ )

( ٣ ) عمل تجليد للقبو من الداخل لحفظ الخرسانة من السقوط ( ب ) وهذا يمكن عمله إما برص كمرات بحجرة مقوسة بجانب بعضها أو بوضع كمرات I مقوسة على مسافات معينة وملء ما بينها بألواح من الصاج المقوسة أو بتبطين القبو بألواح موجة سمیكة .

( ٤ ) ان خير حل لمنع التخریب هو الاجتهاد ما أمكن فی منع وصول الاهتزاز من السطح العلوی الخارجی الى السطح السفلی الداخلى للقبو . ويمكن الوصول إلى ذلك بالاستعاضة عن طبقة الخرسانة الوسطی للعقد بطبقة من الرمل فان هذا يعمل على تلاشی انتقال الاهتزاز إلى الطبقات

(شکل ۱۵)



(شکل ۱۶)



الخرسانية المرنة أسفله وشكل (١٧) يبين قطاع لسقف حصن نموذجي استعمل لإبان الحرب الكبرى . وقد صمدت مثل هذه الحصون لأهول أنواع الضرب من مدافع مرزر الألمانية من عيار ٣٠٥ سم ، ٤٢ سم ( حصون فردان واوسوفز ) . البلاطة العليا من الخرسانة المسلحة بسمك مترين إلى مترين ونصف تحملت قوة التصادم والانفجار للقنابل كأنها الدرع الواقى فقد سلحت تسليحاً مخصوصاً فى ثلاثة جهات أى طولياً وعرضياً ورأسياً .

وبلغ سمك طبقة الرمل مترين . ولما كانت ذرات الرمل عديمة التماسك فإن كل اهتزاز علوى كان يتلاشى بين طبقات جزئياتها ولا يصل إلى الطبقات السفلى من السقف . وعملت هذه الطبقة فوق ذلك على توزيع الضغوط المتركة على مساحات أكبر من سطح القبو تحتها على شكل جمل استاتيكي منتظم التوزيع تقريباً فنعت بذلك تطاير الخرسانة من السطح الأسفل للقبو . وقد اكتفى فى هذه الحالة بعمل العقد الخرساني بسمك ٥٥ سم إلى ٦٠ سم متراً أو الاستعاضة عنه بعقد من الطوب بسمك ١ إلى ١٢٥ سم متراً ليتحمل طبقة الرمل والبلاطة التى رصت فوقه .

ويجب فى هذه الحالة ألا تنفذ أى قنبلة من البلاطة الخرسانية فانه إذا انحصر انفجارها فى المنطقة التى بين البلاطة والعقد عملت البلاطة على مقاومة تمدد غاز الانفجار فيعمل هذا بكامل قوته على العقد الذى أسفله فينضاعف خطره نظراً لضعف هذا العقد ، لذلك عدل عن اتباع هذا الترتيب فى بناء الحصون الحديثة وفضل عنها عمل سقف واحد سميك من الخرسانة المسلحة . وقد اثبتت الخبرة المكتسبة فى الحرب السابقة صلاحية ما سبق شرحه من تدعيم السطح الداخلى للقبو بتسليح من الحديد كما فى شكل ( ١٦ )

ونظراً لعظم مقاومة هذا التسليح ومتانته فإنه يمكن به زيادة الاقتصاد في سمك العقد نفسه عن الأبعاد التي تعطيها المعادلة (٦) .

فللخرسانة العادية التي تحوى ٤٠٠ كيلو جراماً من الخرسانة لكل متر مكعب منها فإن المعادلتين (٣، ٦) والجدولين (١)، (٣) تعطى سمك الخرسانة للأسقف لتحمل القنابل من وزن ٥٠ إلى ١٠٠٠ كيلو جراماً وللبلطات والأقبية من الخرسانة المسلحة يمكن اختصار هذه الأبعاد إلى ٧٠٪ وللخرسانة ذات الأسمنت على المقاومة فإن النسبة بين مقاومتها للضغط وللشدحوالى  $f = ٨$  وعمق مخروط التخریب الناتج عن الانفجار وحده بدون التصادم  $هـ_١ = ١٧٥ \sqrt[3]{ش}$

وعليه فإن في حساب سمك الخرسانة حسب المعادلة الثالثة

$$(هـ) = (هـ_١ + ١) \sqrt[3]{٨} - ١$$

$$\text{أى (هـ)} = ٢٨٣ + ١٨٣ هـ_١ \quad (٧)$$

وبوضع قيمة  $ا$  من المعادلة (٤)

$$\text{فان (هـ)} = ٢٨٣ \times ١٧٥ \sqrt[3]{ش} + ١٨٣ \times ٠٤٣ \sqrt[3]{ش}$$

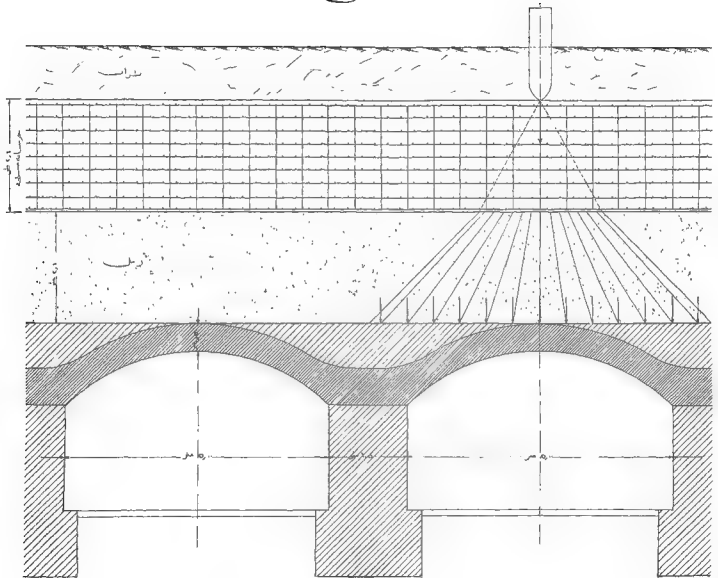
$$\text{أى (هـ)} = ٥٧٤ \sqrt[3]{ش} \quad (٨)$$

وهو السمك اللازم في حالة استعمال الأسمنت على المقاومة وبمقارنة المعادلتين (٥)، (٨) نجد أن النسبة بين السمك اللازم في حالة استعمال الأسمنت على المقاومة وفي حالة استعمال الأسمنت العادى هي :

$$\frac{(هـ)}{(هـ)} = \frac{٥٧٤ \sqrt[3]{ش}}{٧٨٨ \sqrt[3]{ش}} = ٠٧٣$$

وهذا يدل على أنه باستعمال الأسمنت على المقاومة بدلاً من الأسمنت العادى يمكن اختصار من ٢٥ إلى ٢٨ ٪ من سمك الخرسانة .

شکل ۱۷





ويكون سمك القبول لمقاومة جميع أنواع قنابل الطائرات

$$(هـ) = \sqrt[3]{٣٥٧٤} \text{ ش} + هـ$$

وفي هذه المعادلة ش = ٢.٠ من وزن الشحنة

هـ = عمق مخروط التهشيم بالمتر

جدول رقم (٤)

$$هـ = \sqrt[3]{٣٥٧٤} \text{ ش} + هـ$$

وزن القنبلة كـ بالكيلو جرام	وزن القنبلة ش بالكيلو جرام	وزن الشحنة الخاصة جـ ش بالكيلو جرام	عمق مخروط التهشيم هـ بالمتر	سمك الخرسانة المقوية بالتر	سمك الخرسانة المقوية بالتر	سمك الخرسانة المسلحة هـ بالمتر
٥٠	٢٣	٤٦	٠.٣٢	٠.٩٤	١.٢٦	٠.٨٨
١٠٠	٥٠	١٠	٠.٤٥	١.٣٢	١.٦٧	١.١٧
٣٠٠	١٧٠	٣٤	٠.٦٨	١.٨٤	٢.٥٢	١.٧٤
٥٠٠	٣٠٠	٦٠	٠.٨١	٢.٢٢	٣.٠٩	٢.١١
١٠٠٠	٦٨٠	١٣٦	٠.٩٩	٢.٩٢	٣.٩١	٢.٧٤

ويعطى الجدول رقم (٤) الأرقام الخاصة بالاستمات على المقاومة  
فالخانة السابعة من الجدولين (٣) و(٤) تعطى لمختلف الأنواع من الخرسانة  
السمك اللازم لمقاومة القنابل من وزن ٥٠ كيلو جراما سقف سمكه ١.١٦  
متراً و٨٨.٠ متراً على التوالي. ولمقاومة القنابل من وزن ٣٠٠ كيلو جرام  
٢.٣١ متراً و٧٤.١ متراً.

ومن الواضح أن سمك البسلاطة من الخرسانة المسلحة يتوقف على  
نوع التسليح التي تزود به ومقداره.

وقد حددت المواصفات البريطانية للأسقف الواقية الخرسانة المسلحة بخرسانة الاسمنت التي تحوى ٤٠٠ كيلو جراما من الاسمنت لكل ٤٠٠ سم<sup>٣</sup> من الرمل و ٠.٨ م<sup>٣</sup> من الزلط وتعطى مقاومة كسر أقلها ١٧٥ ك / سم<sup>٢</sup> بعد سبعة أيام و ٢٨٠ ك / سم<sup>٢</sup> بعد ٢٨ يوم .

أما التسليح فيكون على الصورة الآتية :

ترك طبقة خرسانية بسمك خمسة سنتيمترات كغطاء علوى ثم يرص التسليح على شكل حصار متتالية على بعد أقصاه ١٥ سم من بعضها وترتب فيها الأسياخ فى اتجاهين متعامدين . ويجب ألا يقل مقدار الحديد عن ٤٣ كيلو جراما فى المتر المكعب من الخرسانة وباستعمال أسياخ قطر  $\frac{1}{2}$  بوصة توضع هذه على أبعاد ٣٠ سم من بعضها وتقل هذه المسافة إلى ١٧ سم باستعمال أسياخ قطر  $\frac{3}{8}$  بوصة .

أما الثلاثة طبقات السفلى من التسليح فتعمل كل منها من أسياخ قطر  $\frac{3}{4}$  بوصة تبعد عن بعضها ١٠ سم . وتوضع الطبقات على مسافات ٧٥ سم فوق بعضها وترتب أسياخ الطبقتين العليا والسفلى منها فى اتجاه الفتحة الصغيرة والوسطى فى اتجاه الفتحة الطويلة .

ويرتب تسليح مقاومة القص من كانات رأسية تربط الخمسة طبقات السفلى ببعضها ويجب ألا تقل مساحة قطاعاتها العرضية فى مجموعها عن ٢٠٠ / . من المساحة العرضية للخرسانة أى ٢٠ سم<sup>٢</sup> فى المتر المستطوح وهذا يعطى حرار ٤٠ سينخا قطر  $\frac{5}{16}$  بوصة ( شكل ١٨ )





## ٢ — القلاع والحصون

يرجع الفضل الأكبر إلى اكتشاف القيمة الفنية العالية للخرسانة كإداة لبناء الحصون إلى حصار بورت آرثر سنة ١٩٠٤، ١٩٠٥. عملت أقبية حصون هذا الثغر بسمك ٩١ سنتيمتراً. فعندما حاصرها اليابانيون حاولوا دكها بمدافع من عيار ١٥ سم فلم يجدوها ذلك فتبلا. فلم يزد فعلها على عمل بعض التهشيم السطحي للخرسانة وظلت هذه الحصون حافظة لكامل قوتها. وحتى في المواقع التي تكررت فيها الإصابات لم يزد ما حل بها عن بعض كسور موضعية كانت تعالج أثناء الليل بوضع أكياس من الرمل عليها (شكل ١٩)

اضطر المحاصرون إزاء ذلك إلى استعمال مدافع أقوى من عيار ٢٨ سم من مدافع دوارعهم ولكن ذلك لم يأت بنتيجة حاسمة فان أصابة قنبلة من هذا العيار موضع كان مغطى بتر ونصف من التراب لم تعمل سوى تهشيم مخروط من الخرسانة عمقه ٢٣ سم وأحدثت في القبو عدة شروخ طويلة في السطح الداخلي.

وإيكن قنبلة أخرى نفذت في السقف الخرساني وأصابت حجرة قائد الحصن الروسي وأركان حربه فأودت بحياتهم. عند ذلك قبض على مهندس الحصن وسيق إلى المحكمة العسكرية بتهمة أن البناء الذي تم تحت إشرافه ظهرت عليه بوادر الضعف وقررت المحكمة طلباً لإدائته إذ أن الأسقف بسمك ٩١ سم كانت مبنية لتقاوم القذائف من عيار ١٥ سم فقط

وقد روعى في بناء الحصن الاعتناء التام بعمل الخرسانة فظهرت حقيقة أنها مادة جديرة بالثقة ففندت بذلك الزعم القائل أنه من الممكن دك هذه

الحصون وتحويلها إلى أطلال بالية في وقت قصير بضربها بالمدافع الثقيلة .  
تلا ذلك العصر ما بين حصار بورت آرثر إلى سنة ١٩١٤ . أن ما عمل  
من أبحاث في بحر هذه المدة مضافا إليه النتائج العملية التي شوهدت في  
حصون بورت آرثر أثبتت أن استمرار التماسك التام لجميع أجزاء جسم  
الحصن الخرساني وهو الشرط الأساسي الذي تتوقف عليه مناعة الخرسانة  
للفعل القنابل لا يمكن ضمانه فانه ينتج عن قوة الاصابة وما يتلوها من فعل  
الانفجار ابتداء ظهور آثار التخريب نتيجة ضعف التماسك بين أجزاء  
الخرسانة في مواضع وصلات الصب ويتضح ذلك جليا من حدوث الشقوق  
الأفقية . ثم إن ضعف مقاومة الخرسانة للشد والقص ينشأ عنه شقوق  
رأسية طولية وعرضية .

وحدث مثل هذه الشقوق خصوصا في المواقع التي لا يستحب وقوعها  
فيها بتاتا ثم الزيادة المطردة في قوة المدافع واشتراك الطائرات بقنابلها  
الثقيلة في عوامل التخريب كل ذلك حتم تفصيل استعمال الخرسانة المسلحة  
لما يمكن فيها سد النقص الذي في الخرسانة بحديد التسليح . ولتحاشي الشروخ  
أيما كانت يجب ترتيب التسليح في ثلاثة جهات متعامدة .

وقد أدى البحث الذي عمل لتحديد أنسب القطاعات العرضية لحديد  
التسليح أنه من الخطر استعمال حداثد ذات قطاع عرضي كبير كالكمرات  
الثقيلة لهذا الغرض إذ ظهر أنه عند اصابة القنبلة تهتز هذه الأجزاء المعدنية  
الثقيلة بدرجة أكبر من باقي الجسم الخرساني ونظراً لضعف التماسك بين  
الجسمين فانه يتلو ذلك حدوث انفصال بينهما ولذا فان استعمال أى تسليح  
خلاف الحديد العادي المبروم غير ملائم من جميع الوجوه . وقد عززت  
التجارب ذلك كما يتضح ذلك جليا من دراسة فعل عدة قنابل من عيار



(شکل ۱۱)



١٥ سم على حائط تجربة من الخرسانة المسلحة ( شكل ٢٠ ، ٢١ ) فقد كان تهشيم السطح الأمامى كاملا بينما لم يزد ما حل بالسطح الخلفى على عدة شروح صغيرة .

لحديد التسليح يزيد فى مقاومة الخرسانة لنفاذ القنبلة وما يتلو ذلك من تقليل فعل النسف كما تعمل شبكة تسليح السطح الخلفى على احتفاظ هذا السطح بتماسكه ( وشكل ٢٢ ، ٢٣ ) يظهر جليا الفرق بين فعل القنابل الثقيلة على الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة . فبينما تنهار الحائط الخرسانية ذا بالتخريب فى الخرسانة المسلحة ينحصر فى موقع التصادم دون أن يتشعب إلى بقية جسم الحائط .

ويتضح من ( شكل ٢٤ ) الخطر الناشئ من ضعف تسليح السطح الأسفل للقبو فيرى هنا أثر فعل قنبلة من عيار ٣٧ سم فقد تباع حدوث مخروط التهشيم العلوى تخريب قوى فى السطح الأسفل وذلك لعدم كفاية الشبكة المعدنية من السلك الممدد التى سلح بها هذا السطح .

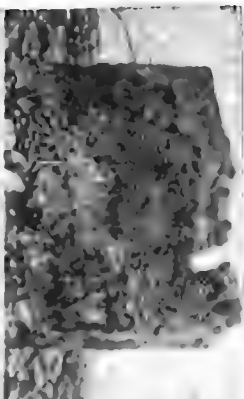
ومما يسترعى النظر هنا تطاير الخرسانة مع بقاء الشبك المعدنى دون أن تنزعه معها . وهذه الظاهرة هى تأييد قوى للنظرية القائلة إن خرسانة السقف تنقلب تحت الضربة الفجائية إلى مجموعة من الكرات المرنة المتلاصقة فتعمل الضربة على فك التلاصق الذى يبذلها فتساقط الواحدة تلى الأخرى فى منطقة التخريب السفلى كانت مقاومة الحديد أكبر بكثير من قوة التلاصق بين جزئيات الخرسانة وبعضها فصمد للضربة حيث انهارت هى . وهى ظاهرة لآمت لفعل التحميل الاستاتيكي بشئ .

وقد استخلص كثير من الخبراء خطأ مما شاهدوه من سرعة انهيار الحصون الجيكية أمام نيران مدافع الألمان الضخمة من عيار ٣٠٥ سم ،

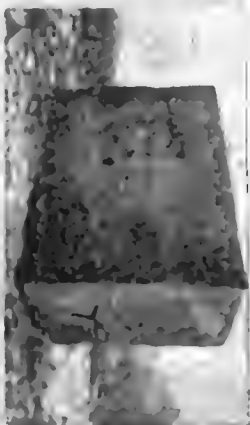
و٤٢ سم ( برتا الكبيرة ) ( شكل ٢٥ ) ان الخرسانه ماده ليست أهلا لبنا الحصون ولكن الألمان أنفسهم لا يعززون سقوط هذه الحصون إلى قوة مدافعهم ولكنهم يقولون أن تبعة هذا الضعف إنما يرجع إلى رداءة نوع الخرسانة نفسها فقد أظهر اختبار هذه الحصون بعد الاستيلاء عليها أن هناك أخطاء فادحة في عمل الخلطات الخرسانية فكثيراً ما كانت توجد طبقات من الزلط أو الرمل أو الأسمنت الخالص بين طيات الخرسانة بينما كان حديد التسليح مصفوفاً بغير نظام وكثيراً ما انعدمت قوى الالتصاق بينه وبين الخرسانة في معظم المواضع . وكثير من هذه الحصون كان مبنيًا بخرسانة الجير والرمل أو الأسمنت الطبيعي الذي كان شائع الاستعمال في بلجيكا قبل الحرب . فلم تجد تحت هذه الظروف التخانات الكبيرة التي عملت بها بعض أسقف الحصون شيئاً فكانت فريسة للدفاع الألمانية الضخمة وشكل ( ٢٦ ، ٢٧ ) يظهر نفاذ قنبلة من عيار ٤٢ سم في خرسانة سقف سمكها ٣٥ مترًا .

ولم تستعمل الخرسانة المسلحة إلا لحماية مقدم الحصون المصفحة وشكل ( ٢٨ ، ٢٩ ) بين مظهر هذه الحصون في حالة قفل الدرع وفي حالة رفعه استعداداً لإطلاق المدافع ولكنها في معظم الأحوال لم تكن خرسانة مسلحة بالمعنى الصحيح بل كانت عبارة عن أكوام من الزلط والرمل والأسمنت رصت على عجل وألقي في وسطها بعض الاسياخ من الحديد بل وقد عمل كثير منها برمي شكاثر اسمنت برمتها حول الاسياخ فكانت تتطاير أمام قنابل الألمان ( شكل ٣٠ ، ٣١ ) أما ما عمل منها بعناية فقد صمد لقصف هذه المدافع وشكل ( ٣٢ ) يبين احداها ولم تخرج منه القنابل من عيار ٣٠ سم بطائل .

( نکل ۲۱ )



( نکل ۲۰ )



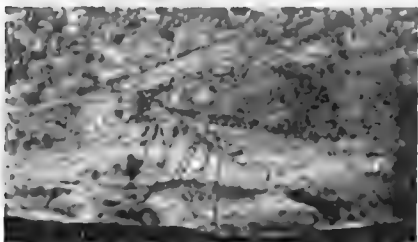
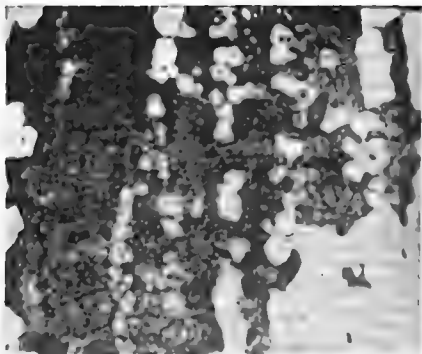
( نکل ۲۲ )



( نکل ۲۳ )

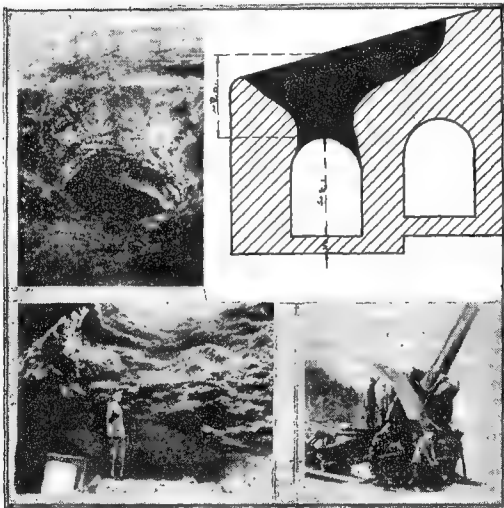






( شکل ۲۱ )

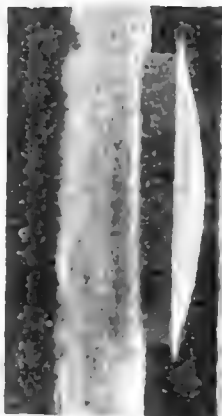




(شکل ۲۵)  
(شکل ۲۶، ۲۷)



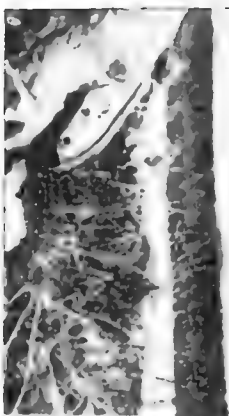
(نگار ۱)



(نگار ۲)



(نگار ۳)



(نگار ۴)





(17.11)



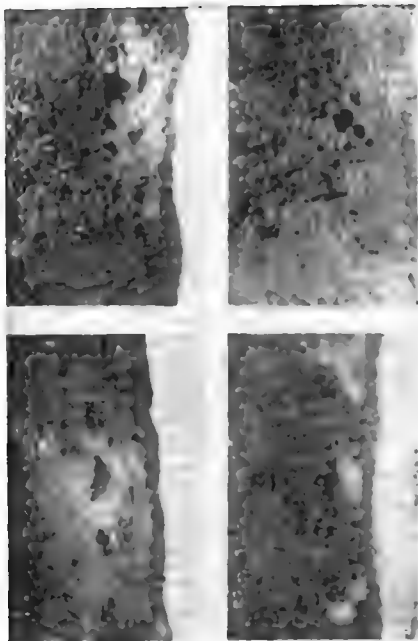




( شکل ۳۳ )



( 2 )





وخير انتصار للخرسانة انما كان في تلك الحصون الرهيبة التي لا يسع المرء إذ يقف أمام اطلالها الا أن يطأ طيء الرأس احتراما واجلالا لأولئك الأبطال الذين وقفوا فيها مدافعين دفاعا مرأ أمام عدو كاسر جبار تلك هي حصون فردان وأخصها بالذكر حصن دومون .

كان هذا الحصن في وقت ماحية بركان نائر أوججها مستعر فقد أصلاه الألمان بما عدته ١٢٠٠٠٠ قنبلة منها ٢٠٠٠ فاقت أعيرتها ال ٢٧ سنتيمترا . وشكل ( ٣٣ ) يبين صورة أخذت من الجو للحصن أثناء ضربه وشكل ( ٣٤ ) يبين الحصن بعد هذه المأساة وقد انقلب إلى أطلال بالية طمرت تحت الأتربة التي أطاحت بها القنابل إلى عنان السماء ومع ذلك فقد احتفظ بالكثير من معالمه وبقي له الشيء من مناعته وظل قذى في عين أعدائه وشوكة في ظهرهم واستحق بجدارة ما قاله فيه بوانكاريه رئيس وزارة فرنسا أبان الحرب حينما زار خطوط الدفاع اذ نعته بأنه الصخرة التي سوف تتحطم عليها آمال القيصرية الألمانية .

ويعترف الألمان ان استيلائهم على مثل هذه الحصون لم يكن لوهم في مناعتها أو ضعف في القائمين بالدفاع فيها بل كان في الغالب لنفاذ الذخيرة والمؤن من المدافعين .

وشهد العالم بحق ان الخرسانة هنا قامت بتأدية رسالتها كاملة بل فاق ما أظهرته ما كان ينتظره منها أكثر الناس ثقة بها .

ومن نتائج ضرب حصون فردان استخلص أن الاسقف الواقية من ضرب القنابل من عيار ٤٢ سم يجب أن يكون سمكها ٢٥٠ مترا من الخرسانة أو ١٧٥ مترا من الخرسانة المسلحة . وقد وصل أقصى نفاذ لهذه القنابل في الأرض ١٣٥ مترا .

والجدول الآتي يبين انواع الحصون ونتائج ضربها في فردان

## جدول عن نتائج ضرب الحصون في الحرب العظمى

سنة ١٩١٤ - ١٩١٨

ويغلب حساب الحصون الحديثة الآن على إمكان إصابتها بالمدافع بثلاثة قنابل في نفس الموضع . وعلى هذا الاساس أدت الابحاث إلى أن السملك اللازم للوقاية من فعل تخريب قذائف المدافع الحديثة من عيار ٤٢ سم يبلغ للعقود الخرسانية خمسة أمتار وفي حالة الخرسانة المسلحة للعقود والأسقف ٣٥ متراً أى ٧ر . من سملك الخرسانة الغير مسلحة .

وفي حالة الغارات الجوية التي لا تستمر إلا برهة قصيرة ( من  $\frac{1}{4}$  إلى  $\frac{1}{2}$  ساعة ) والتي يكون فيها احتمال الاصابة من ارتفاع ٤٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ متر ضئيل جداً يمكن الاكتفاء في عمل الحساب فرض إصابة الموضع باصابة واحدة .

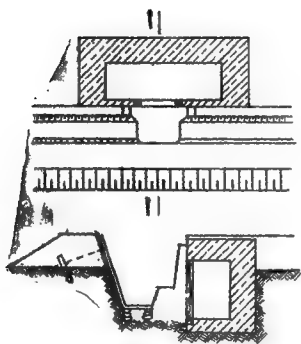
ولكن الانباء وافتنا أخيراً بأن الألمان يقومون الآن ببناء مدافع حديثة في معامل اسكودا من عيار ٤٧ سم وهو خطر جديد يجب الانتباه اليه والاستعداد لمقابلته .

### ٣ - المعادل

ان الثقة التي نالها الخرسانة كمادة واقية من ضرب القنابل جعلت المدافعين في الخنادق والخطوط الامامية يتخذون منها لانفسهم دروعاً واقية على طول خطوط القتال يمكنهم أن يلجأوا اليها أو يحتتموا فيها أثناء قيامهم بعملهم الشاق ، فأول نوع من هذه المباني كان على شكل خلايا

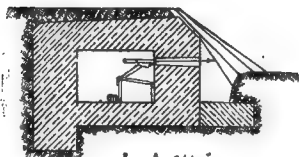
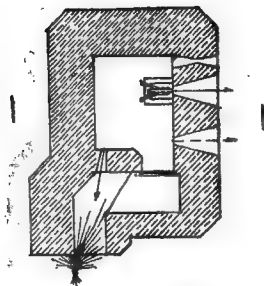
[illegible]



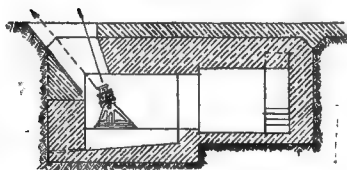


( شکل ۳۵ )



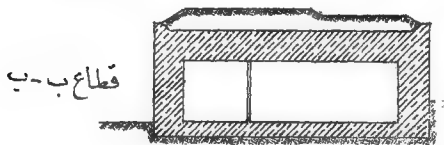
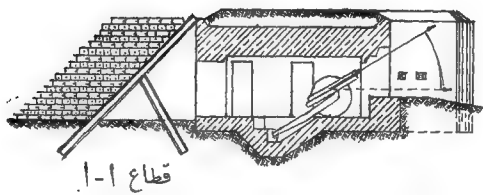
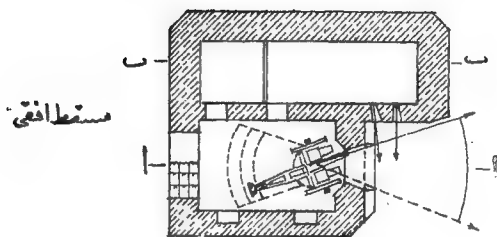


قطاع ۱-۱



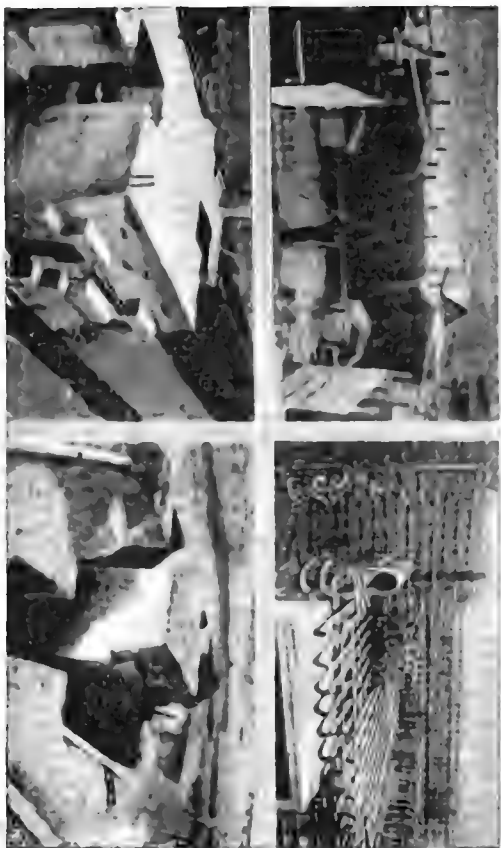
(شکل ۳۶: ۲۷۰)





( شکل ۳۸ )





(تنگ برون و برون)



خرسانية صغيرة كانت تعمل على مسافات على طول الخنادق ليلجأ إليها الجنود عند مهاجمة الطائرات لهم أو انفتاح فوهات المدافع عليهم أولئالوا فيها قسما من الراحة وهم أكثر أماناً ثم لتكون مراكزاً أمينة للاحتفاظ فيها بالجنود الاحتياطيين ولتخزين الذخائر وكان أول استعمال لها في الخطوط البلجيكية . ونظراً لارتفاع مناسيب المياه الأرضية في هذه البلاد كانت هذه الخلايا تعمل مرتفعة عن سطح الأرض حتى لا يبق جزء منها تحت منسوب الرش ( شكل ٣٥ )

وسرعان ما ظهرت قيمة هذه الخلايا فعمل على تعميمها والاستفادة منها كأداة للدفاع فزودت بفتحات في واجهاتها الأمامية ركبت عليها المدافع الرشاشة وقاذفات الألغام فانقلبت إلى أوكار خطيرة كانت أكبر منكل بفرق المشاة وأكبر عائق على تقدمهم ( شكل ٣٦ ، ٣٧ ) وقد عمل على حماية مداخلها من فعل القنابل بعمل حوائط واقية أمامها حتى لا تنفذ القنابل إلى داخلها وتنفجر في حينها المحدود فتودي بمن فيها . زيد في استغلال هذه الأبنية بعد ذلك فأصبحت تحوى المدافع الثقيلة ( شكل ٣٨ ) وعمل على تنسيقها لتحوى مخازن للذخيرة وحجر لا يواء الجند فكانت عبارة عن قلاع صغيرة قوية فزاد ذلك في خطورتها .

وشكل ( ٣٩ ، ٤٠ ، ٤١ ، ٤٢ ) يبين أحد هذه المعاقل أثناء بنائها وهو من النوع الذى استعمل في المبدأ ونقطة الضعف فيه هو عدم واراته عن أنظار الطائرات وقد روعى ذلك فيما بعد .

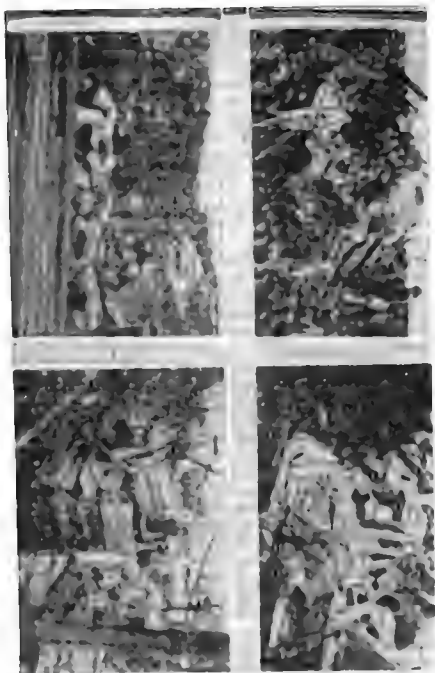
وقد شهد الألمان أنفسهم بمناعة هذه المعاقل الفائقة حتى أنهم لم يتمكنوا من اقتحامها إلا بعد أن سلطوا عليها أثقل أنواع مدافعهم من عيار ٢٧ ،

٢٨، ٣٧ سم فكان ذلك فوق طاقتها فاندكت معالمها بعد أن أدت رسالتها كاملة وشكل (٤٣) يبين ما آل إليه أحدها بعد ضربه .

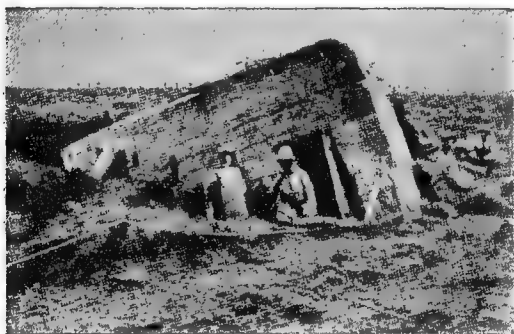
ومن أخطر أنواع الاصابات تلك التي تغوص فيها القنبلة في الأرض وتزحف إلى ما تحت الأساسات وتنفجر في هذا الموضع فتعمل على خلع المبنى من موضعه ( وشكل ٤٤ م ) يبين أحد المعاول وقد انتابته مثل هذه الاصابة فقد غاص المبنى في الأرض عند موقع الاصابة لكنه ظل محتفظا بتماسكه ومعامله ولم يفقد مناعته بالرغم من وضعه المائل

ونقطة الضعف هنا هو عدم تزويد المبنى بأرضية قوية تقيه من انفجار القنابل تحته على الصورة المتقدمة وهذا ما حدا بالانجليز في وضع مواصفات مثل هذه المباني إلى اشتراط عمل أرضية قوية لا يقل سمكها عن ٧٥ سم من الخرسانة تسليح بحديد مقداره ٢٥ كيلو جراماً في المتر المكعب يرص على طبقات تبعد عن بعضها ١٥ سم وتزود في سطحها الأعلى بحصيرتين من التسليح من أسياخ قطر  $\frac{3}{4}$  بوصة على بعد ٣٠ سم من بعضها وتبعد الحصيرتان عن بعضهما ١٥ سم واشترطوا عمل الحوائط الجانبية بحيث تكون فيها القوة الكافية لمقاومة القنابل التي تصيبها من الجانب فأقل سمك للحائط فوق الأرض يجب ألا يقل عن متر من الخرسانة المسلحة تسليح من كل من الجانبين بحصيرة من أسياخ قطر  $\frac{3}{4}$  بوصة على بعد ١٥ سم من بعضها وتربط بكانات عرضية وتزود في سطحها الداخلي بشبك معدني ويزاد سمك هذه الحائط إلى ما لا يقل عن مترين في الجزء الواقع تحت سطح الأرض ويزاد التسليح بحصيرتين إضافيتين من أسياخ قطر  $\frac{3}{4}$  على بعد ١٥ سم من بعضها أيضاً توضع على بعد ٢٥ سم من حصيرتي السطحين وتربط الحوائط بالأرضية التي يجب أن تستمر بسمك ١٥ متراً من

( ۴۵ )







( شکل ۴۴، ب )







الخرسانة المسلحة إلى مسافة من سطح الأرض يتراوح مقدارها من ٧٥ مترأ في الزلط والرمل إلى ١٢ مترأ في الأرض الطينية مقاسه على سطح الحائط وبعد ذلك تدرج إلى سمك ٧٥ سم السابق ذكره بميل ١:٢ (شكل ٤٥)

## ٤ — الفخاخ والعقبات

إن الاستعاضة عن فرق الفرسان والخيول بالمعدات الميكانيكية من دبابات وجرارات جعل الحاجة ماسة إلى مكافحة هذه بطرق فعالة . فبجانب المدافع التي عملت خصيصا لتعطيلها رؤى أن يلجأ إلى الحيل في التشكيل بها ومن هذه عمل الفخاخ وهى عبارة عن خنادق تحفر في مواقع متفرقة أمام خطوط الدفاع ثم تغطى بالهشيم والنباتات حتى إذا ما مرت عليها الدبابة سقطت فيها والقطاع العرضى للخندق عبارة عن حائط ساند من الخرسانة المسلحة وتكسيه مائلة من الخرسانة المسلحة أيضا من الجهة الأخرى (شكل ٤٦) ويعمل ميل التكسية بالدرجة التي لا تتمكن الدبابة من تسلقها فتظل باقية في موضعها إلى أن يتم أسرها أو تدميرها .

أما العقبات فهى خوازيق تدق في الأرض ويترك جزء منها بارزأ فوق سطحها حتى إذا ما مرت عليها الدبابات عاقتها عن السير بل ونفذت في جسمها إذا كانت أطرافها حادة . وقد عمل الفرنسيون هذه العوائق من قضبان السكة الحديد والكمرات الصلب أمام خط ماجينو (شكل ٤٧) ولكن الألمان اضطروا إلى عملها من الخرسانة المسلحة نظراً لقلة الصلب عندهم فقامت هذه بنفس المهمة .

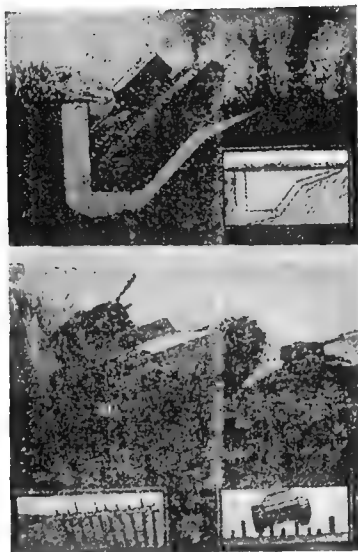
و كثيرآ ما ينتهى بعض هذه العقبات بالالغام فى طرفه الاسفل فاذا  
بمررت عليه الدبابه انفجر اللغم وقذف بها فى الهواء .

## ٥ - خطوط الدفاع

أملت الحرب الماضيه على الأمم دروساً قاسيه ذاقت منها من المحن ما  
جعل كل آمال الواحدة منها ألا تصبح أرضها مسرحاً للقتال مرة أخرى  
مهما كلفها ذلك من النفقات والتضحية . فعمدت كل منها إلى اقفال حدودها  
بدرع من الحصون وضعت فيه كل آمالها ورجائها وصارت تنظر اليه نظرة  
المنفذ لها الذائد عن سلامتها وكيانها فكانت السياسات التى وضعت  
لعمليات التحصين فوق أى اعتبار فى الدولة بل رفعت إلى درجة  
التقديس الوطنى .

فكان القوم يصبرون على مضض على ما كانت تستنزفه هذه الاعمال  
من الجزء الأكبر من ميزانياتهم مضحين بكل شئ فى سبيل اتمامها  
واستكمال عدتها وأهبتها . فأحاط الانجليز جزرهم بأرمادا القرن العشرين  
وزادوا عليه أن سلحوا شواطئها على طولها بمدافع بعيدة المدى من عيار  
١٥ بوصة لئلا يدعوا للمهاجم باباً يطرقة . أما الفرنسيون فلم يقف مجهودهم  
على عمل سلاسل من الحصون فى المواقع الاستراتيجية بل دفعهم الخوف  
والحذر إلى ربط هذه الحصون ببعضها بطريقة لم يشاهد العالم مثلها من قبل  
حتى لا يتركوا للمغيرين أى منفذ يطعنونهم منه فأصبح الحد الفاصل لبلادهم  
عبارة عن قلعة واحدة أمنع من عقاب الجو .

وقابل الألمان عملهم بالمثل فبنوا خطاً محاذياً للسور الفرنسى استنفدوا  
فيه كل ما أتاها الله من ذكاء ومقدرة . فنتج عن هذين الخططين سد منيع لكل



(شکل ۱۶)



من الطرفين جعل من المتعذر أن يخرج أحدهما من الآخر بطائل بما في وسعه الآن من حول وقوة اللهم إلا إذا ألهم الله أحدهما إلى جديد فوق الأرض يمكنه من أن يهزأ بما أقامه أمامه عدوه وليس ذلك بالمستبعد فالحرب كلها مفاجآت . ويعد الهجوم على أحد هذين الخططين انتحاراً صريحاً لمن يفكر في القيام به فقد قدر المارشال جورنيج خسائر المهاجم لخط سيجفريد بما عدته ٤٠٠.٠٠٠ مقاتل في الأسبوع . وليست خسائر المهاجم لخط ماجينو بأقل من ذلك إن لم تزد عنه فاذا تطلب العمل لاقتحام أحد هذين الخططين بضعة أسابيع لرأينا عظم النكبة التي تصيب البشرية من جراء القيام بمثل هذه المغامرة وهذا ما جعل القائمين بالأمر يفكرون ملياً قبل القيام بأى عمل من شأنه أن يودى بملايين في حين أن نتيجته مشكوك في أمرها .

ان الاعمال الفنية التي ركزت في هذين الخططين من الوجهتين البنائية والحربية هي خلاصة ما أنتجتته الخبرة التي اكتسبت من الحرب الماضية . فهي نتيجة لتجارب واقعية كلفت العالم ما لا يزال يكل عن حمله من خسائر الأنفس والأموال . فاذا هالتنا هذه الملايين من الذهب والفضة التي أنفقت في تشييد هذه الخطوط فما هذه إلا جزء يسير عما كلفته الخبرة التي تم على أساسها بناؤها والتي يجب حقاً أن يضاف ثمنها إلى نفقات تشييدها فيتضح لنا جلياً بعد ذلك أن كل ركن من أركان هذه الحصون قد تكلف بناؤه ما قد يعادل وزنه من الأموال وما لا يقدر من الأرواح والأنفس .

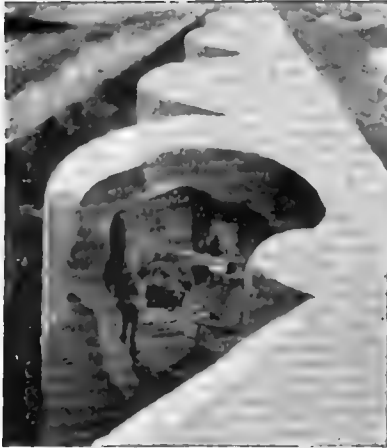
ان معلوماً لنا عن خطى ماجينو وسيجفريد لا تزال قاصرة نظراً لما يحاط بهما من التكتّم الشديد بطبيعة الحال وكل ما تنشره الجرائد اليومية

أوالمجلات العلمية عن أولها إنما هو بصيص من النور تعطيه السلطات الحربية بقصد الدعاية والاشادة بعظمة هذا الخط ومناعته وربما كان فيه الكفاية لاعطائنا فكرة سطحية عن ماهية ما يجرى في ثنايا هذه الأبنية الجبارة .

ولكنه بالرغم من كل ذلك فاني لا أعتقد ان طرق حساب مقاومة الآقية والأسقف الواقية في هذه الحصون تختلف كثيراً عما أوصلتنا اليه الابحاث والتجارب التي عملت في السنين الأخيرة والتي تناولناها بالشرح في مقالنا هذا وكل ما ينقصنا هو مقدار القوى التي تم عليها عمل الحساب لتحديد سمك هذه الأسقف والمعاملات التجريبية التي أدخلت في معادلات المقاومات وهذه سوف تظهرها الأيام عندما تنطوي هذه الخطوط في صفحات التاريخ ويصبح مصيرها كصير سابقاتها خطأ لانظار السواح والمتفرجين والزمن كفيل بذلك وقد يتم هذا في المستقبل القريب أو البعيد عرف العالم في الحرب الماضية ما للخرسانة المسلحة من خطورة في بناء أعمال الدفاع فكانت بلا منازع عدته في إقامة هذه الحصون الرهيبية

يتمد خط دفاع فرنسا الأول على طول يبلغ ١٠٠٠ كيلو متراً ويبلغ عرض هذه القلعة ٥٠ متراً وعمقها ٤٠ متراً . ويختلف نوع الحصون باختلاف مناسيب الأرض ففي المواقع المرتفعة بنيت هذه على شكل طواب متسلسلة من الخرسانة المسلحة ( شكل ٤٨ )

وفي المواقع المنخفضة رتبت المدافع في أبراج مصفحة مرتفعة على مثال أبراج المدرعات البحرية وزودت بكل ما تستلزمه هذه . فها هي في الواقع في مجموعها إلا أسطول أرضي رهيب في بحر من الوديان ( شكل ٤٩ )



(شکل ۱۸)





( ٩٩ )



وفي امكان البرج الدوران حول نفسه موجها بذلك مدافعه الى جميع الالاتجاهات ويجرى توجيهها حسب ما يصدر اليه من أوامر الضباط المقيمين في الخانئ المصفحة يراقبون منها حركات العدو بواسطة نظارات من نوع البريسكوب المستعمل في الغواصات .

ويتهى كل برج في أسفله الى تلك المدينة العامرة التي أقيمت في سراديب من الخرسانة المسلحة على عدة طبقات رتبت فيها ثكنات الجنود ومخادعهم ومكاتب التشغيل والمستشفيات ومخازن الذخائر وقد أعدت بالمصاعد الكهربائية الكبيرة وزودت بخطوط من السكك الحديدية الكهربائية التي تجرى في هذه الأنفاق وتصلها بداخلى البلاد وتنقل اليها جميع لوازمها ويبلغ مجموع عدد الأبراج على اختلاف أنواعها ١٤ ألف برج استنفذوا في بنائها عدة ملايين من الأمتار المكعبة من الخرسانة المسلحة عالية المقاومة

وقد بثت في المنطقة التي أمام الخط جميع أنواع التنبيهات الغير مرئية مثل الأشعة الحمراء التي تشعر بدنو من تحدته نفسه بالاقتراب فلا يؤخذ الحصن على غرة . ولو فرض المستحيل وسقط أحد الأبراج أو جانب من الخط في حيازة العدو فقد عمل الترتيب لا مكان فصله بمحاجز فولاذية عن باقى الخط وذلك لنسفه على حدة بما رتبت تحته من ألغام . وقد زود البناء بأحدث أنواع معدات تبريد الهواء وتجديده ثم معدات التدفئة لتوفر أسباب الراحة لمن فيه . فهذا الخط العظيم يعد بحق علاوة على ماله من قيمة حربية من أجل الأعمال الهندسية الحديثة .

ولم يكتف لا الألمان ولا الفرنسيون بخطوط دفاعهم الأولى بل أخذوا منذ ابتداء الحرب فى إنشاء خطوط دفاع ثانية تمتد خلف الأولى استخدموا

في عملها ملايين الجنود التي ترابط على حدودهم . ففي الثلاثة الأشهر الأولى من الحرب مد الجنود الفرنسيون والانجليز معهم ١٦ مليوناً و ٥٠٠ ألف متراً مربعاً من الأسلاك الشائكة يبلغ وزنها ٦٥ ألف طن ونقلوا أربعة ملايين ونصف من الأمتار المسكبة من الأتربة وصبوا مكانها ٧٠٠ ألف متر مكعب من الخرسانة المسلحة بسرعة تصل إلى حوالي ١٠٠٠٠ متر مكعب في اليوم .

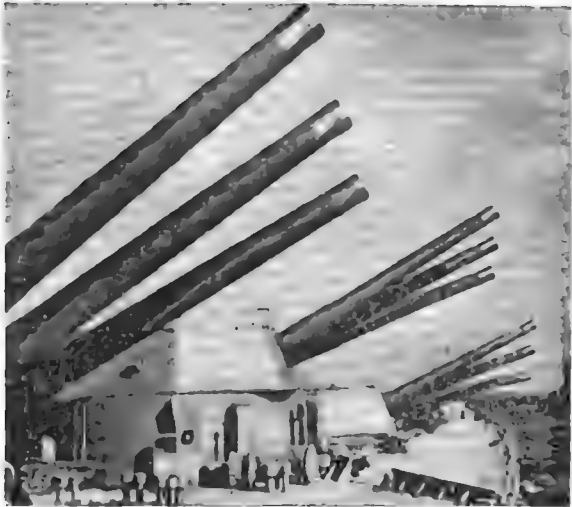
ويمتد خط دفاع فرنسا الثاني من جنيف إلى دنكرك

## ٥ - الدفاع البحري

قد لا تختلف الحصون البحرية عن مشيلاتها البرية في الموضوع لكن مهمتها أشق فعلها مقارنة ضرب مدافع الدوارع التي وصلت إلى عيار ١٦ بوصة . والخطر هنا هو من تجمع عدد كبير من هذه المدافع في المدرعة الواحدة فقد تحمل هذه اثني عشر مدفعاً من الأعيرة الكبيرة يمكنها توجيهها كلها دفعة واحدة إلى نفس الهدف فتزيله من الوجود . فاحتمال إصابة الحصن في نفس الموضع بعدة قنابل كبيرة أكثر منه في الحصون البرية إذ من النادر أن يتجمع أمام هذه مثل هذا العدد من المدافع الثقيلة في وقت واحد .

وشكل (٥٠) يبين صورة لأقوى مدافع بحرية في العالم وهي تسعة المدافع التي تحملها المدرعة البريطانية برودني .

طول المدفع ٢٠ متراً . عياره ١٦ بوصة . وزن البرج الحامل لثلاثة



( نكر ٥٠ )



المدافع ١٦٠٠ طن . وزن القنبلة طن تقذف الى مدى لا يقل عن ٣٠ كيلو مترا . وحمولة الرودنى ٣٣٩٠٠ طنا وهى ثانية الدوارع البريطانية وأولها هى المدرعة هود وحمولتها ٤٢١٠٠ طنا . ولكن الانجليز فضلوا فى المدة الاخيرة تسليح دوارعهم الجديدة من طراز جورج الخامس وحمله ٣٥٠٠٠ طناً . بمدافع من عيار ١٤ بوصة . وهم يأملون بذلك زيادة عدد الاصابات بزيادة عدد المدافع ثم رفع السرعة التى تطلق بها عندما تصغر أعيرتها . وقد أيدت وقائع الحرب البحرية الحالية صحة وجهة النظر هذه .

ولكن الحرب الكبرى علمتنا غير ذلك فقد اظهرت أن الحصون البحرية الحديثة والمسلحة بالمدافع الثقيلة يتعذر بل ربما استحال على الاساطيل اقتحامها فقد وضع الوزير الانجليزى تشرشل ابان الحرب الكبرى خطة لمهاجمة الاسطول الالماني فى موانيه والقضاء عليه فى عقدراره . وكان عليه للوصول إلى هذا الغرض أن يدمر حصون جزيرة هليجولاند ليفسح الطريق للأسطول الانجليزى فعارضه فى ذلك الأميرال الانجليزى الكبير جليكو فعرض تشرشل أن يضحي بمراكب الأسطول القديمة فى سبيل ذلك هذه الحصون فامتنع جليكو عن ذلك فنجأ بذلك الأسطول الانجليزى من هزيمة منكرة محققة وحرر الالمانيون نصر باهر . وكان رأى جليكو أن أمثال هذه الحصون لا يمكن اقتحامه إلا بالمدافع البعيدة المدى التى تمكن الدوارع من الوقوف على مسافات أبعد من مدى مدافع الحصون فلا يصيبها منها أذى . ولكن تشرشل عاد وقذف بتسعين بارجة من الاسطول الانجليزى الفرنسى لضرب حصون الدردنيل ونظراً لضيق المجاز المائى هناك فقد منيت هذه بنكبة كبيرة دون أن تنال من هذه الحصون شيئاً فكان ذلك أكبر فشل أصيب به تشرشل ، وكانت نتيجته أن اضطر

الانجليز إلى قلب خططهم البحرية رأساً على عقب وكفوا عن مهاجمة المواقع الحصينة واكتفوا بتشديد الخناق على المانيا بالحصار البحرى حتى ما إذا جاع الالمان خرجت أساطيلهم خروج اليأس لقذف آخر سهم . وقد كان فقد خرجت هذه الأساطيل لفك الحصار البحرى الانجليزى فاشتبكت مع الانجليز فى أكبر موقعة بحرية عرفها العالم وهى موقعة جتلاند

وكان تفوق الانجليز عليهم كبيراً فارتد الالمان بعد أن تحملوا خسائر فادحة وحلوا الانجليز ما لا يقل عنها فاقنوا أنه لا قبل لهم من مقابلة الانجليز فى البحر واضطروا الى الاستعاضة عن الأساطيل بحرب الغواصات والالغام على مثال ما يجرى الآن . فما أشبه الليلة بالأمس فكلتا الطرفين يتبع اليوم ما انتهى اليه البارحة ويستأنف الخطة التى أمكنه بها أن ينال من غريمه مأربه

وعندما ضرب الالمان ثغر الميريه الحصينة فى الحرب الاسبانية الاخيرة وقفت دوارعهم على بعد شاسع فى عرض البحر وأمطرت الميناء وابلا من قنابل مدافعها البعيدة المرمى ولم تتمكن مدافع الحصون من أن تجيبها بالمثل فلم تنل منها شيئاً

ولكن هنا لك عاملان قويان يجب أن يحسب حسابهما فيما وصل اليه نظام الحصون الجديدة أولهما اشتراك السلاح الجوى فى رد السفن المهاجمة والثانى تزويد الحصون بأبراج لقذف الطوربيد على مثال السفن الحربية والغواصات تقام على بعد شاسع فى عرض البحر وفى كلتا الحالتين لا يجدى ابتعاد السفن عن الحصون فى درء الخطر عنها . فاصبح الرابض فى الحصن أثبت ظهراً بكثير من الواقف على المدبرة .

فطعنة نجلاء قد تؤدي بالدارعة لكنها لا تلحق بالحصن الا عطياً موضعياً يمكن اصلاحه . وقد أيدت وقائع الحرب الحالية هذه الحقيقة وتؤديها وقائع الحرب الروسية الفنلندية باستمرار .

ومن أقدم أبراج ضرب الطوربيد محطة خليج لوييه بالقرب من ميناء هيرس الفرنسية على البحر الأبيض المتوسط التي تعد من الأعمال التي تستلفت النظر من الوجهتين الهندسية والحربية .

وقد أقيمت هذه المحطة سنة ١٩٠٩ لاختبار أنواع الطوربيد الذي تورده معامل شنيدر الفرنسية المشهورة للبحرية الفرنسية .

ويبلغ عمق المياه في أوطى منسوب لها عند موقع المحطة ١١ متراً والتربة مكونة من طبقة حجرية صلبة على عمق ١٥٥ متر تعلوها طبقات من الرمل والرواسب .

عمل مشروع المحطة على أن تبنى من برج عبارة عن صندوق واحد من الخرسانة المسلحة يغوص على أرض تمهد له بإزالة الطبقات المفككة بالكباشات في مساحة قدرها ٣٩ × ٣٥ متراً إلى منسوب الطبقة الصخرية وعلى محلها بكسر الحجارة رصه الغواصون بعناية .

وقد قامت بعملية البناء الشركة العمومية للإنشاءات الخرسانية برئاسة المهندس الشهير هنريك

ثم عمل الصندوق الخرساني في الحوض الجاف لميناء طولون على شكل هرم ناقص ارتفاعه ١٥٥ متراً وقاعدته ٢٣ر٥ × ١٤ر٨٠ متراً ( شكل ٥١ ) بلغت تخانات الحوائط الجانبية والقاع ١٥ ، ٢٠ سنتيمتراً على م - ٧

التوالى سلحت بأسيخ قطرها ١٦ ملينترا (  $\frac{5}{8}$  بوصة ) وزودت بتقويات من العروق الخرسانية .

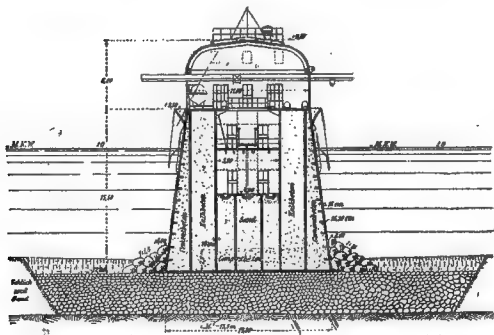
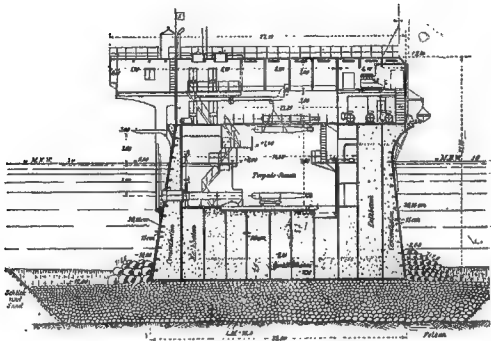
أما الحوائط الداخلية فعملت بسمك ١٠ سنتيمترات فقط وقد رتبّت القاعات والغرف اللازمة للتشغيل داخل البرج وفوقه وتم تقسيمها بحوائط من الخرسانة المسلحة أيضاً ومن هذه قاعات لضرب الطوربيد على ارتفاع ٣ أمتار فوق منسوب المياه المتوسط وأخرى على ٣ أمتار أسفل هذا المنسوب . كما زودت المحطة بمصطبة مرتفعة للرصد من جهة ذنف الطوربيد وركبت على كوايل بارزة عن الواجهة .

ولما كان عمق قاع الحوض الجاف الذى تم فيه بناء الصندوق لم يزد على ثلاثة أمتار ونصف فانه اقتصر فى فترة البناء داخل الحوض على اتمام الصندوق إلى منسوب السقف الرئيسى لمراعاة عدم زيادة وزنه على مقدار رفع المياه على هذا العمق لا مكان تعويمه .

وبعد تعويم هذا الجزء استؤنفت عملية البناء فى ميناء طولون أيضاً إلى أن تم عمل المصطبة العليا . ثم عمل على تغويص الصندوق بإضافة كميات من خرسانة الأسمنت فى الخلايا الخارجية وطبقة من نفس الخرسانة بسمك مترين فوق كل مساحة القاع زيدت بعدئذ إلى ثمانية أمتار .

وشكل (٥٢) يبين البرج أثناء عملية التغويص وقد زود بوقايات من الخشب بطول أربعة أمتار . وبعد الانتهاء من هذه العملية أجرى سحب البرج إلى موقعه النهائى فى خليج لوبيه على بعد ٣٥ كيلومتراً فى رحلة استغرقت ١٥ ساعة بدون أن يعترضها شئ من الصعوبات ثم غوص فى موقعه بملئه بالمياه .

برج ضرب الطودید مخلص لویه



قطاع عرضي





( شکل ۵۲ )



وبملء الفراغات الداخلية بالرمل زيد ثبات البرج لدرجة مكنت من نزح مياه الخلايا الخارجية على التوالى لملئها بالخرسانة التى استنفدت فى عملها الرمل السابق استعماله للتشغيل .

وقد ملئت الخلايا الخارجية بخرسانة الاسمنت أما التى تليها فقد اكتفى بملئها بخرسانة الجير والرمل . وقد تركت باقى الخلايا ملاءى بالرمل كما هى وذلك لامكان رفعه عند الحاجة إذا أريد تعويم البرج فى المستقبل لنقله إلى مكان آخر . وبما يجدر ذكره أنه عند إقامة البرج فى موضعه هبت عاصفة شديدة كانت خير اختبار لقدرة ثبات البرج الذى يبلغ وزنه تسعة آلاف طن .

وبعد الانتهاء من عمليات الخرسانة رص حول قاعدة البرج أكوام من الحجارة الكبيرة لحمايته ثم أتمت بعدها المباني العلوية والترتيبات الداخلية

وأثناء هذه العمليات المتتالية هبط البرج هبوطاً منتظماً مقداره ١٥ سم وبلغ الضغط على الأرض فى حالة هدوء المياه ١٣٥ كج — سم<sup>٢</sup> يصل إلى ٣ كج — سم<sup>٢</sup> فى حالة الزوابع على فرض أن ضغط الأمواج ٢٠ طناً على المتر المسطح .

وقد ابتدئ بتحضير أعمال الخرسانة المسلحة فى شهر مارس ولم يمر يوم ه نوفمبر الذى يليه إلا والبرج يسحب إلى موضعه وفى نفس اليوم غوص بنجاح فى وضعه النهائى . وقد روعى الاعتناء بمظهر البرج الخارجى من الوجهة المعمارية فعمل على الطراز المصرى القديم

يتضح مما تقدم أن الخرسانة المسلحة أصبحت فى الحروب الحديثة من أهم المواد الأولية التى لا غنى عنها . وارتب أعمال الدفاع تلقى على عاتق

المهندس عبثا ثقبلا عليه أن يضطلع به . فقد أصبح المحرك الأول لدولاب الحروب سواء كان في المقدمة في ميادين القتال أو في المؤخرة في داخلية البلاد حيث يقضى ليله ونهاره في المصانع لسد طلبات الجيوش

فبينما هو في زمن السلم دائب العمل في تشييد الحصون والقلاع فاذا به في زمن الحرب أول من يقذف به في المقدمة لتعزيز مواقع الدفاع الأمامية والتمهيد لزحف الجيوش حيث يعمل في أشد المواقف خطورة

فأول ما قامت به القيادة الفرنسية في الحرب القائمة الآن كان بث فرق المهندسين في المنطقة الواقعة بين خطى ماجينو وسيجفريد المعروفة بمنطقة الفناء لتطهير الطريق أمام فرق الجيش . فقد أنيط بهم اكتشاف مواضع الألغام ونسفها وكشف اللثام عن الفخاخ والعوائق لتفاديها ثم وضع الخطط لاحتحام الحصون وهدم المعاقل ثم مد الطرق والسكك الحديدية وإقامة الكبارى لتجرى فوقها الفرق الميكانيكية والمدافع الضخمة . وأثناء كل ذلك يعملون في العراء المكشوف على مرأى من العدو الذي ينزل عليهم طول الوقت جام غضبه وليس هناك ما يقيمهم منه شيئا فانهم هم الذين يقيمون الواقيات ليحتمى بها غيرهم . كما أنهم آخر الرجال الذين يقفون أمام العدو عند التقهقر ليضعوا العقبات في سبيله وليعيقوا تقدمه واجتياحه لأراضيهم أو اللحاق برفاقهم يعملون ذلك وهم في أشد المواقف هولاء وأمرها مذاق فهم الجنود المجهولون الذين تلفحهم الحرب بأول هب من سعيرها وهم المسئولون عن اصلاح ما أفسدته بعد زوالها فهم أبطال في الحرب وأبطال في السلم فاذا قيس المرء بقدر ما ينتجه فهم أولى الناس بالتقدير والرعاية لكنهم مع الأسف أول من يشقى وآخر من يكافأ

فقلبا مر على الألسن ذكرهم في مجالات التمجيد وقلبا دار في الخلد  
الامام بفضلهم عندما تكال آيات الشناء .

فقد أقيمت آلاف النصب التذكارية لجميع أنواع الهيئات المحاربة وتمشدد  
آلاف الخطباء عند إزاحة الستار عنها بأعمال البطولة التي قامت بها كل هيئة  
منها وقد تغالى القوم فأقاموا التماثيل لفصائل الحيوانات التي أدت خدمات  
تذكر في بعض المواقف كالحمام الزاجل والكلاب الحربية . ولا أذكر أن  
شيئا واحداً من ذلك أقيم للإشادة بذكر المهندسين الذين استشهدوا في سبيل  
الواجب يثلج صدور الأحياء منهم .

وليس المجال مجال إشادة بمجهود المهندسين وأعمالهم فهم الفئة التي تعمل  
ولا تتكلم وهم على أتم استعداد للعمل أيان وأينما يقذف بهم لدرء خطر أو  
استدراك نقص فهو واجبنا ونحن أول من يقدره ويقدره

دكتور سيمر نفي

## المراجع

- 1.) Shitkewitsch, N. Prof. Ing.  
Belgrad.  
Berechnung von Schutzdecken.  
Beton & Eisen Heft 13, juli 1938.
  - a) Major Justrow  
Konstruktion und Wirkung von Fliegerbomben
  - b) W. Wieser  
Grundlagen des Bautechnischen Luftschutzes
  - c) H. Schosberger  
Neues Schutzraum bauwesen  
Bauwelt 1936
  - d) Alfred Stellbacher  
Die Schiess- und Sprengstoffe
2. Speth, O. Berlin  
Beton in Festungsbau und Sein Verhalten gegen Geschosswirkung.  
Beton & Eisen Heft 15, August 1938.
  - a) Ernst Freiherr von Leithner  
Bestaendige Befestigung und der Festungskrieg.
  - b) Solf : Zwei Kriegsjahre mit einer 42 Cm. Batterie.
  - c) Denhschrift " Die Ergebnisse der Beschiessung der Festungen  
Luettich, Namur, Autwerpen, etc. . .  
im jahre 1914,"  
Von General des Ingenieur Und Pionierkrieges beim General Gouvernement in Belgien.

- d) Petain : La Bataille de Verdun.
- e) Radtke : Douamont wie es wirkliche war.
- f) R. Ménager  
Les forts de Moulainville et de Douamont Sous le 420ect,ect.
- 3) Handrich des Eisenbetonbaues
- 4) Evans, F. D.  
A. R. P. Structural Course

مصلحة وقاية المدنيين من الغارات الجوية

(٥) مرتضى : الخرسانة المسلحة في أعمال الدفاع

مجلة العمارة العدد التاسع سنة ١٩٣٩

(٦) اخبار الحروب الحالية عن الجرائد والمجلات العربية والافرنجية المختلفة.

# دار الطباعة المصرية

عبد شافع رشدي باشا (الساعة سابقا) بمصر

تلفون ٥٢٧٢٧



